Нестеренко И.И.

ЦВЕТ КОД СИМВОЛИКА электронных компонентов









СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

В недалеком прошлом практически все ремонтные и производившие аппаратуру предприятия пользовались в основном отечественными радиокомпонентами и деталями (незначительную долю составляли изделия, полностью соответствовавшие отечественным ГОСТам, стран участников СЭВ)

В последние годы картина коренным образом изменилась, и сегодня на рынке радиокомпонентов отечественные изделия составляют незначительную часть, вытесняемые более современными, надежными и относительно доступными в цене товарами зарубежного производства Кроме того, в пользовании у населения стран СНГ находится широкий ассортимент зарубежной радиоэлектронной аппаратуры При выходе ее из строя и ремонте неизбежно возникают вопросы по замене изделий зарубежного производства на отечественные и наоборот

Как отечественная, так и зарубежная промышленность при производстве радиоэлектронной аппаратуры применяет малогабаритные миниатюрные детали и компоненты, имеющие цветовую или кодовую маркировку

Цель данной книги систематизировать и представить вашему вниманию имеющийся у автора справочный материал по вопросу маркировки радиоэлементов Большинство импортных радиокомпонентов не согласуется с требованиями и нормами отечественных стандартов, что вызывает серьезные трудности работников службы ремонта и сервиса, а также радиолюбителей из-за отсутствия полной нормативной документации Поэтому в книге приведены данные по маркировке радиоэлектронных компонентов по номиналам, рабочему напряжению, допускам и другим характеристикам Все приборы сгруппированы в разделах, где приведены сведения по буквенным и цветовым обозначениям активных и пассивных компонентов отечественных и зарубежных фирм Эти маркировки позволяют распознать и подобрать в море миниатюрных изделий, необходимые специалисту электронные компоненты для обслуживания и ремонта бытовой и промышленной радиоэлектронной аппаратуры Справочные материалы систематизированы по видам изделий в табличной и графической форме Дополнительно приводится информация по основным техническим характеристикам, что позволит оперативно решать вопросы взаимозаменяемости

Охватить весь спектр или значительную часть радиокомпонентов, которые сегодня можно найти в продаже, практически невозможно Поэтому автор, в основном, остановился на изделиях отечественных производителей и фирм Vishay Elektronic GmbH, AVX Limited, Bourns, inc, Murata Elektronik GMBH, NIC Components Corporation, Philips Components

Однако отдельные зарубежные фирмы по соображениям престижности, рекламы, экономики, охраны имиджа или желая выделиться на тесном рынке идентичных радиокомпонентов, позволяют себе изменять кодовую маркировку деталей, приведенную в данной книге Естественно, автор и издатель не несут

ответственности за издержки кодирования, возникшие вопреки тщательности и осторожности принятыми при подготовке книги к печати, и не несут ответственности за возможные ошибки практиков, связанные с использованием материалов данной книги при обслуживании и ремонте радиоэлектронной аппаратуры

К некоторым разделам пользователи книги будут обращаться наиболее часто, другие использовать реже На цветных вкладках предпринята попытка раскрыть темы, которые должны быть всегда под рукой Исчерпывающей информации, сообразуясь с динамикой развития отрасли, дать невозможно Однако данная книга в определенной степени окажет помощь специалистам и радиолюбителям практикам в решении возникающих проблем

Хотелось бы выразить благодарность компаниям Микроприбор, Filur Electric и IMRAD за предоставленную техническую документацию Благодарю отдельных специалистов и радиолюбителей Шелестова И П, Базенко С Л, Бочарова С Д, Сердюк С В, Ерещенко И С и многих других за предоставленные технические советы, образцы радиокомпонентов, критические замечания и помощь в оформлении данного издания

Буду очень признателен читателям, сообщившим критические замечания и предложения, которые обязательно будут учтены в следующих изданиях

Нестеренко И И



1. РЕЗИСТОРЫ

Резистор (англ. resistor от лат. resisto — сопротивляюсь) — один из самых распространенных радиоэлементов, обладающий активным сопротивлением.

Во всех видах радиоэлектронной аппаратуры резисторы применяются для распределения и регулирования электрической энергии.

В зависимости от назначения резисторы бывают общего и специального назначения. Область применения диктует определенные требования. Высокочастотные резисторы обладают небольшой собственной емкостью и сопротивлением, высоковольтные резисторы имеют рабочие напряжения до нескольких десятков киловольт, у высокоомных резисторов диапазон номинальных сопротивлений от единиц мегаом до десятков тераом.

По характеру изменения сопротивления резисторы могут быть постоянными (с фиксированным номиналом сопротивления) и переменными. Переменные подстроечные резисторы допускают изменение сопротивления, как правило, при периодической или разовой регулировке аппаратуры. Регулировочные резисторы допускают изменение сопротивления в процессе функционирования аппаратуры.

В зависимости от материала резистивного элемента резисторы изготавливают проволочными, фольговыми и непроволочными (металлодиэлектрические, металлоокисные, композиционные, углеродистые, лакосажевые, лакопленочные, керметные и объемные).

В зависимости от способа защиты от внешних воздействий и способа монтажа они имеют различную конструкцию.

По виду вольт-амперной характеристики резисторы можно разделить на линейные и нелинейные (электрическое сопротивление которых изменяется от различных управляющих факторов — магнитного и электрического полей, температуры, светового и теплового излучения).

1.1. РЕЗИСТОРЫ ПОСТОЯННЫЕ

Уменьшение имеющегося напряжения источника до необходимого значения является одной из главных функций резисторов. Существуют два основных способа использования постоянных резисторов для этой цели.

В первом случае «гасящий» резистор включается последовательно между источником питания и схемой. Такой способ пригоден только для тех участков цепи, у которых установившийся ток потребления не изменяется в процессе работы.

Использование постоянных резисторов в качестве нагрузок в радиотехнических схемах позволяет разделить протекание смешанного тока, состоящего из постоянной составляющей источника питания и перемен-

ной составляющей полезного сигнала. Если включить резистор параллельно каким-либо другим радиоэлементам, узлам, приборам, то будет выполнена следующая распространенная функция резисторов — шунтирование (используется для уменьшения добротности резонансных систем и расширения пределов измерения). При создании схем, обрабатывающих различные импульсные сигналы, широко используется комбинация соединений резисторов и конденсаторов. Выбор резисторов и конденсаторов определяется частотой импульсного сигнала и необходимой степенью интегрирования или дифференцирования импульса.

Обычно маркировка содержит лишь самые необходимые и важнейшие сведения о резисторе. Во всех случаях обязательным показателем является номинальное сопротивление, для обозначения которого используется одна из трех принятых систем: обычная буквенно-цифровая, цифровая трехзначная и цветовая.

1.1.1. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА МИНИАТЮРНЫХ РЕЗИСТОРОВ

На постоянных резисторах в соответствии с ГОСТ 28883-90 и требованиями Публикации 62 МЭК (Международной электротехнической комиссии) маркировка наносится в виде цветных колец. Каждому цвету соответствует определенное цветовое значение.

Цветовые маркировочные полосы на отечественных резисторах сдвинуты к одному из выводов и читаются слева направо. Если размеры резистора не позволяют разместить маркировку ближе к одному из выводов, ширина полосы первого знака делается примерно в два раза шире остальных (см. цветную вкладку №1).

Цветовые маркировочные полосы на зарубежных резисторах также сдвинуты к одному из выводов и читаются слева направо, причем крайняя правая полоса отделена, примерно, на удвоенное расстояние, чем предыдущие. Если размеры резистора не позволяют разместить маркировку ближе к одному из выводов, ширина последней полосы делается примерно в два раза шире других (см. цветную вкладку №2).

Резисторы с малой величиной допуска (0,1 — 10%) маркируются пятью цветовыми кольцами. Первые три — численная величина сопротивления в омах, четвертое кольцо — множитель, пятое — допуск.

Резисторы с величиной допуска ±20% маркируются четырьмя цветовыми кольцами. Первые три — численная величина сопротивления в омах, четвертое кольцо — множитель.

Незначащий ноль в третьем разряде и величина допуска не указываются. Поэтому такие резисторы маркируются тремя цветовыми кольцами. Первые два — численная величина сопротивления в омах, третье кольцо — множитель.

Мощность резистора определяется ориентировочно по его размерам.

Некоторые фирмы применяют цветовое кодирование для отличия резисторов, изготавливаемых по стандартам MIL, от резисторов промышленного и бытового назначения или обозначения ТКС для отличия проволочных резисторов от постоянных (см. цветную вкладку №3).

1.1.2. МАРКИРОВКА БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ

При маркировке, которая наносится на корпус резистора, указы-вается тип (на отечественных резисторах, если позволяют размеры, мощность), величина сопротивления и допуск, а для отечественных еще и дата выпуска (см. вкладку на с. 13).

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ буквенно-цифровой код, указывающий тип (серию) резистора.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ цифровой код, указывающий на величину максимально рассеиваемой мощности (может не указываться).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ буквенно-цифровой код, указывающий на величину сопротивления в омах (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Буквенно-цифровые коды обозначения номиналов резисторов ряда Е6

Номинал сопротивления	Код	Номинал сопротивления	Код	Номинал сопротивления	Код	Номинал сопротивления	Код
0,1 Ом	R10	10 Ом	10R	1 кОм	1K0	100 кОм	M10
0,15 Ом	R15	15 Ом	15R	1,5 кОм	1K5	150 кОм	M15
0,22 Ом	R22	22 Ом	22R	2,2 кОм	2K2	220 кОм	M22
0,33 Ом	R33	33 Ом	33R	3,3 кОм	3K3	330 кОм	M33
0,47 Ом	R47	47 Ом	47R	4,7 кОм	4K7	470 кОм	M47
0,68 Ом	R68	68 Ом	68R	6,8 кОм	6K8	680 кОм	M68
1,0 Ом	1R0	100 Ом	100R	10 кОм	10K	1,0 МОм	1M0
1,5 Ом	1R5	150 Ом	150R	15 кОм	15K	1,5 МОм	1M5
2,2 Ом	2R2	220 Ом	220R	22 кОм	22K	2,2 МОм	2M2
3,3 Ом	3R3	330 Ом	330R	33 кОм	33K	3,3 МОм	3M3
4,7 Ом	4R7	470 Ом	470R	47 кОм	47K	4,7 МОм	4M7
6,8 Ом	6R8	680 Ом	680R	68 кОм	68K	6,8 МОм	6M8

Согласно ГОСТ 28884-90, установлено шесть рядов номинальных сопротивлений: Е6, Е12, Е24, Е48, Е96, Е192 (цифра после буквы «Е» - это число номинальных значений в данном ряде (см. приложение 1).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ буква, обозначающая величину допуска в процентах.

Величина допуска может быть нанесена под номиналом (см. табл. 1.2) сопротивления во второй строке.

В обычной буквенно-цифровой системе сопротивление маркируется полным числом и сокращенным обозначением единицы измерения.

МАРКИРОВКА ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ

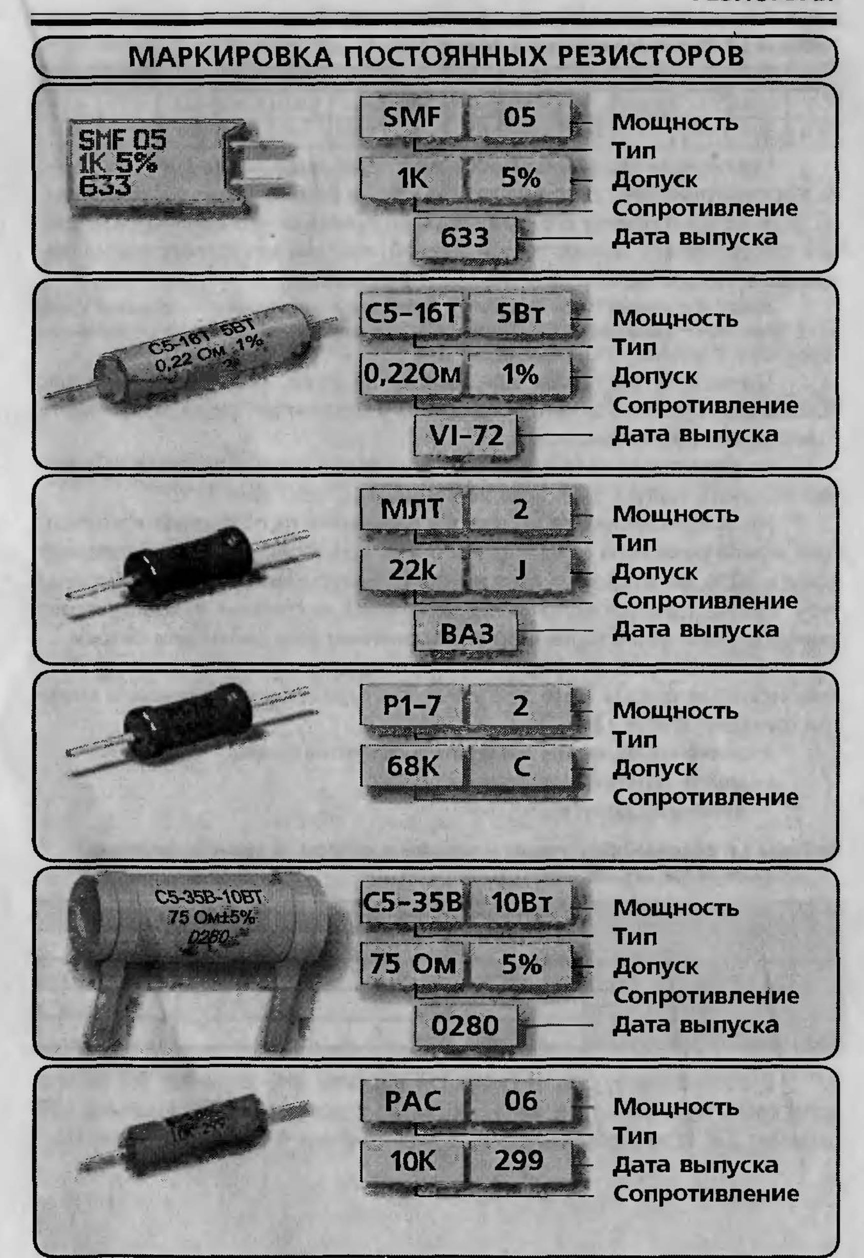


Таблица 1.2. Буквенное кодирование допуска

Код	Допуск	Код	Допуск	Код	Допуск	Код	Допуск	Код	Допуск	Код	Допуск	Код	Допуск
E	0,001	L	0,002	R	0,005	P	0,01	V	0,02	B(Ж)	0Б1	C(У)	0,25
D(Д)	0,5	F(P)	1	G(Л)	2	J(И)	.5	K(C)	10	M(B)	20	N(Ф)	3

Частичным решением проблемы недостатка места для надписей на корпусе прибора стало внедрение кода в соответствии с Публикацией МЭК № 63. В основу его был положен принцип, что единица измерения обозначалась только одной буквой, причем место положения одновременно соответствовало положению запятой.

Буква «Е» означает единицы ом (в зарубежной маркировке — латинская буква «R»), буква «К» — килоомы, «М» — мегаомы, «Г» (в зарубежной маркировке — латинская буква «G») — гигаомы, «Т» — тераомы.

Одни и те же буквы или цифры на резисторах (обычно после обозначения величины сопротивления) у различных фирм могут иметь совершенно разные значения.

На резисторах отдельных японских фирм латинская буква «С» может означать допуск ±2% или величину ТКС +50 ppm 1/°С.

На американских резисторах в зависимости от фирмы-изготовителя и типа резистора одна и та же буква «G» в первом случае означает допуск ±2%, во втором — максимально допустимую рабочую температуру +275°С (для проволочных резисторов), в третьем — конструкцию выводов (ЧИП-резисторов), предназначенных для пайки или сварки.

Но некоторые из фирм пошли по этому пути еще дальше. Так, американская фирма State of the Art, inc. одной букве присвоила сразу три функции (табл. 1.3):

- значение единицы измерения сопротивления;
- место запятой в группе цифр;
- величину допуска.

Таблица 1.3. Кодовое обозначение номинала и допуска на резисторах фирмы State of the Art, inc.

Единица измерения	Допуск, %			
	1	2	5	10
Ом	D	G	J	M
кОм	E	H	K	N
МОм	F	T	L	P

В соответствии с этой системой надпись 3Н6 означает 3,6 кОм с допуском 2%, а 3N6 — те же 3,6 кОм, но с допуском 10%. Надпись L22 означает 220 кОм с допуском 5%, а 47D означает 47 Ом с допуском 1%.

1.1.3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Основными параметрами, которые учитываются при выборе резисторов для замены при ремонте, являются: номинальное сопротивление, номинальная (максимальная) мощность, допустимые отклонения, температурная зависимость, форма и габаритные размеры корпуса. В некоторых отдельных случаях важное значение могут иметь собственные шумы, максимальное рабочее напряжение и частотные свойства.

Номинальное сопротивление – электрическое сопротивление, значение которого обозначено на резисторе или указано в нормативной документации и является исходным для отсчета отклонений. Для постоянных резисторов принято шесть рядов: Е6, Е12, Е24, Е48, Е96, Е192. Цифра после буквы «Е» указывает число номинальных значений в каждом десятичном интервале (см. приложение 1).

Под **номинальной мощностью** понимается та, которую резистор может рассеивать в заданных условиях в течение срока службы при сохранении параметров в установленных пределах.

Коды габаритных размеров, применяемые за рубежом, приведены ниже в таблицах 1.4 и 1.5.

Таблица 1.4. Геометрические размеры выводных резисторов

Обозначение типоразмера	Диаметр тела, мм	Длина тела, мм	Обозначение типоразмера	Диаметр тела, мм	Длина тела, мм
102	1,1	2,2	414	4,1	12
204	1,6	3,6	617	6	16,5
207	2,5	6	719	6,5	186,5
307	3	8,2	922	9	20
411	4	10,0	933	10	32

Таблица 1.5. Типоразмеры плоских прямоугольных высокомегаомных резисторов на стеклянном основании

Обозначение типоразмера	Диаметр тела, мм	Длина тела, мм	Обозначение типоразмера	Диаметр тела, мм	Длина тела, мм
908	9	8	939	9	39
714	7	14	1354	13	54
924	9	24	1676	16	76

Допуском называется максимально возможная разница между номинальным и действительным значением сопротивления, выраженная в процентах.

Температурный коэффициент сопротивления характеризует обратимое изменение сопротивления резистивного элемента при изменении температуры окружающей среды.

Частотные свойства резисторов проявляются при работе на переменном токе, при этом полное сопротивление становится комп-

лексным. Реактивность резистора характеризуется интервалом частот или граничной частотой, при которой погрешность не превышает допустимого значения.

Рабочее напряжение, при котором резистор может работать, не должно превышать значения, рассчитанного исходя из номинальной мощности и номинального сопротивления по формуле $U = \sqrt{P_и R_и}$.

Шумовые параметры резисторов характеризует отношение уровня э.д.с. шума к приложенному напряжению (мкВ/В). Они зависят от материалов, из которых изготовлен резистор.

Далее, в табл. 1.6, приведены основные свойства отечественных резисторов в зависимости от материала проводящего слоя и технологии изготовления.

Таблица 1.6. Основные параметры отечественных постоянных резисторов общего применения

Тип резисторов	Rном, Ом	Мощность, Вт	Допуск, %	Макс. рабочее напряжение, В	Зависимость сопротивления от напряжения	Зависимость сопротивления от частоты	Уровень шумов, мкВ/В	Стабильность	Надежность	Рабочая температура, С
Углеродистые (ВС, ОВС, ВСЕ, УЛМ, УЛИ, УНУ, ИВС, С1-4)	1–5•10⁶	0,12–100	5–20	100–3000	Малая	Малая	1-5	Высокая	Высокая	-60–+125
[illegible]тые (БЛП, БЛПа)	1–10⁵	0,1–1,0	0,5–1,0	500	Малая	Малая	0,5	Очень высокая	Высокая	-60–+100
Сплавные (МТ, МЛТ, ОМЛТ, МУН, МГП, С2-14, С2-29В, С2-33Н)	24–10⁷	0,12–2,0	5–20	200–750	Малая	Малая	5	Высокая	Высокая	-60–+155
Металлоокисные (С2-6, МОН, С2-7Е)	1–5,1•10⁶	0,12–2,0	5–20	3,5–700	Малая	Малая	5	Средняя	Высокая	-60–+300
Композиционные пленочные (КИМ, КЛМ, КМ, КЭВ)	10–10¹²	0,05–40	5–20	100–60000	Большая	Средняя	5-15	Очень высокая		-80–+125
Объемные с органическими связками (КОИ)	10–10⁷	0,25–0,5	0,5–20	250–350	Большая	Средняя	5	Средняя		-60–+100
Объемные с неорганическими связками (ТВО, С4-1)	1–10⁶	0,25–20	5–20	100–1400	> 0	Малая до частоты 50 кГц	10	Очень высокая		-60–+350
Проволочные (ПВ, ПМТ, ПТ, ПЭВ, ПЭВР, ПЭВТ)	1–5•10⁵	0,25–150	1–10	300–2800	> 0	Определяется конструкцией обмотки	Низкий	Очень высокая		-60–+300

1.1.4. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Каждая фирма-изготовитель произвольно устанавливает свою систему. В основу условных обозначений постоянных резисторов положен буквенно-цифровой (или цифровой) код, которым обозначают тип и значения основных параметров (номинальная величина сопротивления, ТКС, допуск, уровень надежности, мощность), конструктивное исполнение и вид упаковки.

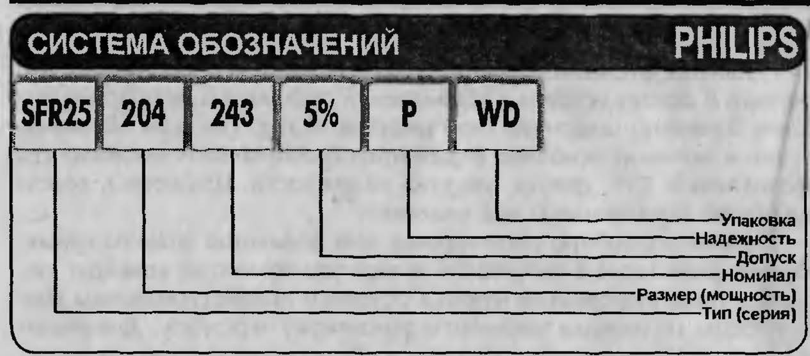
Более подробную расшифровку всех элементов полного наименования резисторов в популярной литературе обычно не приводят, поскольку такая информация нужна в основном профессиональным конструкторам, но изредка требуется и ремонтному персоналу. Для анализа структуры элементов, кодируемых в обозначении постоянных резисторов рассмотрим ряд примеров.

Для каждого типа резисторов специального назначения (изготовляемых по стандартам MIL) условное обозначение отличается. Приведем лишь различия серий (табл. 1.7).

Таблица 1.7. Кодированное обозначение серии резисторов специального назначения

Серия	N стандарта	Наименование резисторов
RL	MIL-R-22684	стандартные металлопленочные резисторы (допуск ±2, ±5%)
RN	MIL-R-10509	металлопленочные прецизионные резисторы
RE	MIL-R-18546	мощные проволочные резисторы с алюминиевым радиатором
RNC	MIL-R-55182	металлопленочные резисторы с уровнем надежности "S"
RLR	MIL-R-39017	металлопленочные резисторы с уровнем надежности "P"
RB	MIL-R-93	проволочные прецизионные резисторы миниатюрные и субминиатюрные
RBR	MIL-R-39005	проволочные прецизионные резисторы с уровнем надежности "R"
RW	MIL-R-26	проволочные мощиые резисторы для поверхностного монтажа
RNR, RNN	MIL-R-55182	металлопленочные прецизионные резисторы с герметичным уплотнением
RCR	MIL-R-39008	углеродистые композиционные резисторы
M55342	MIL-R-55342	толстопленочные кристаллы резисторов с уровнем надежности "R"

Рассмотрим условное обозначение постоянных резисторов общепромышленного применения.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает серию (тип) резистора. Некоторые фирмы, такие, как PHILIPS, BC Components, для удобства применяют цветовую окраску корпуса резистора (табл. 1.8).

Таблица 1.8. Расшифровка типов (видов) резисторов фирмы Philips

Тип	Расшифровка		Цвет корпуса
AC, ACL	Cemented Wirewound Non-isolated	Мощные керамические проволочные	Зеленый
CR	Carbon Resistor	Углеродистые пленочные	Светло-коричневый
EH	Power Wirewound Isolated	Мощные, опорные проволочные	
MPR	Metal film precision Resistor	Металлопленочные прецизионные	Зеленый
MR	Vetal film Resistor	Металлопленочные	Зеленый
NFR	Fussible	Предохранительные металлопленочные	Серый
PR	Power metal film Resistor	Мощные металлопленочные	Красный
RC	Chip Resistor	Бескорпусные	
SFR	Standart film Resistor	Стандартные пленочные	Светло-зеленый
VR	High-ohmic Voltage Resistor	Высоковольтные	Светло-голубой
WR	Enamelled Wirewound Isolated Resistor	Мощные эмалированные ленточные	Коричневый

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает размер или допустимую мощность для серий АС, ACL и ЕН (табл. 1.9 и 1.10).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает номинальное сопротивление. Обозначение номинального сопротивления представляет собой код из четырех цифр, первые три из которых указывают величину номинала сопротивления в омах, а последняя, число последующих нулей. Для резисторов с допуском более 5% код состоит из трех цифр, в котором значащими являются первые две.

Таблица 1.9. Код максимальных размеров корпуса резисторов фирмы Philips (кроме серии RC)

Код	Размер, мм	Код	Размер, мм
06	0,6	30	3,0
08	0,8	31 или 34	3,1
16	1,6	37 или 39	3,7
21	2,1	52 или 54	5,2
24 или 25	2,5	68 или 74	6,8

Таблица 1.10. Код допустимых мощностей резисторов фирмы Philips

Код	Мощность, Вт	Код	Мощность, Вт
01	1	09	9
02	2	10	10
03	3	15	15
04	4	17	17
05	5	20	20
07	7		

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимое отклонение сопротивления от номинала (в %).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает количество отказов (табл. 1.11).

Таблица 1.11. Кодированное обозначение уровня надежности

Код	M	P	R	S
Уровень надежности (число отказов за 1000 часов, в %)	1	0,1	0,01	0,001

В отечественной справочной литературе для оценки параметра стабильности и надежности установлены четыре весьма расплывчатые (с необозначенными границами) категории: низкая, средняя, высокая и очень высокая (конкретная информация о наработке на отказ элементов долгое время считалось секретом). Для большинства отечественных резисторов эти оценки приведены в табл. 1.6.

За рубежом установлены четкие количественные показатели этих параметров (см. табл. 1.11). Все зарубежные резисторы делятся на четыре группы, обозначаемые в документации и на теле самого резистора одной латинской буквой:

«М» — средняя стабильность;

«Р» — высокая стабильность;

«R» — очень высокая стабильность;

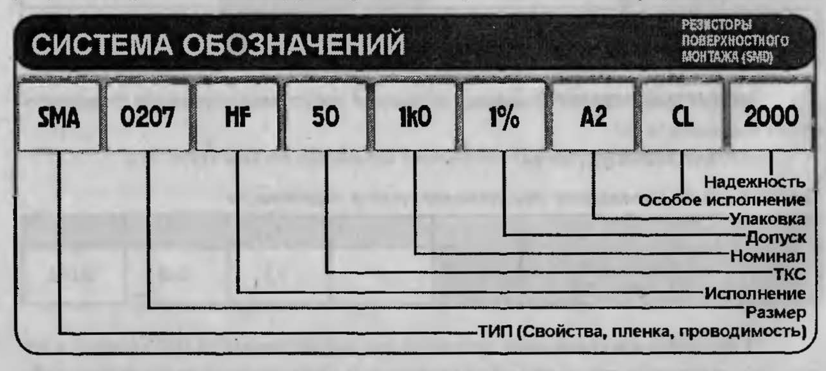
«S» (super) — сверхвысокая стабильность (для аппаратуры специального назначения).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает условия (вид) поставки (табл. 1.12).

Таблица 1.12. Коды обозначения вида упаковки

Код	Размер упаковки в дюймах	Вид упаковки
WC	0,1 x 0,5	перфорированные картонные листы
WD	0,2 x 0,167	
WE	0,1 x 0,167	
WF	0,2 x 0,5	
WG	0,2	в ленте на бобине
WH	0,1	
WJ	0,2	в пластиковой упаковке
WK	0,1	

Для SMD-резисторов система обозначений немного отличается, добавляются дополнительные классификационные требования. Для примера рассмотрим более подробную систему обозначений фирмы Draloric.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает серию (тип) резистора, т. е. описание свойств, резистивного материала и конструкцию проводника (табл. 1.13).

Таблица 1.13. Расшифровка серии SMD-резисторов

Код	Свойства	Код	Материал	Код	Конструкция проводника
S	SMA, SMM покрытие	M	металлическая пленка	A	осевые проводники
L	обычное покрытие	C	угольная пленка	S	перемычки для плат
Z	высокопрочное	X	металлоксидная пленка	E	перемычки для плат (вертикальные)

Продолжение табл. 1.13

Код	Свойства	Код	Материал	Код	Конструкция проводника
H	мощное	G	металлоглазурованная пленка	R	ленточные выводы типа PANASERT
O	нулевого сопротивления	R	резист	L	фигурная формовка
N	низкоомное	C	чип	M	цилиндрические по корпусу
P	прецизионное	O	безвыводные	T	тонкая пленка
U	без покрытия			V	ленточные выводы типа AVISERT

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает размер корпуса SMD-резистора (табл. 1.14).

Таблица 1.14. Геометрические размеры SMD-резисторов разных типоразмеров

Типоразмер EIA	Длина тела, мм	Ширина тела, мм	Толщина тела, мм	Диаметр тела, мм
0402	1,05	0,55	0,55	
0603	1,60	0,95	0,87	
0805	2,10	1,40	1,35	
1206	3,20	1,60	1,75	
1210	3,20	2,50	1,80	
1218	3,10	4,50	1,50	
1806	4,50	1,60	1,60	
1808	4,50	2,00	2,00	
1812	4,50	3,20	1,80	
2010	5,00	2,50	1,80	
RC 2211	2,20			1,10
2220	5,70	5,00	1,80	
2225	6,33	5,60	1,90	
2512	6,35	3,15	1,90	
2824	7,10	6,10	3,90	
3225	8,00	6,30	3,20	
RC 3715	3,60			1,40
4030	10,20	7,60	3,90	
4032	10,20	8,00	3,20	
5040	12,70	10,20	4,80	
6054	15,20	13,70	4,80	
RC 6123	5,8			2,2

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает назначение или область применения (табл. 1.15).

Таблица 1.15. Расшифровка области применения SMD-резисторов.

Код	Область применения	Код	Область применения
HF	высокочастотный диапазон частот	OF	стойкий к агрессивным средам
RA	малошумящие	HO	ВЧ стойкий к агрессивным средам
SI	легкоплавкие, разрывные	P	точные, прецизионные
NE	высокотемпературный		

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает температурный коэффициент сопротивления (табл. 1.16).

Таблица 1.16. Расшифровка кодов температурного коэффициента

Код	Значение температурного коэффициента	Код	Значение температурного коэффициента
5	$+5 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$	100	$+100 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$
10	$+10 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$	200	$+200 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$
15	$+15 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$	250	$+250 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$
25	$+25 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$	300	$+300 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$
50	$+50 \cdot 10^{-6} \cdot 1/°C$		

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает номинальное сопротивление. Обозначение номинального сопротивления представляет собой код из четырех цифр, первые три из которых указывают величину номинала сопротивления в омах, а последняя - число последующих нулей. Для резисторов с допуском более 5% код состоит из трех цифр, в котором значащими являются первые две.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимое отклонение сопротивления от номинала (в %).

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает условия упаковки или вид поставки (табл. 1.18).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает специфику исполнения (табл. 1.17).

Таблица 1.17. Коды обозначения специфики исполнения

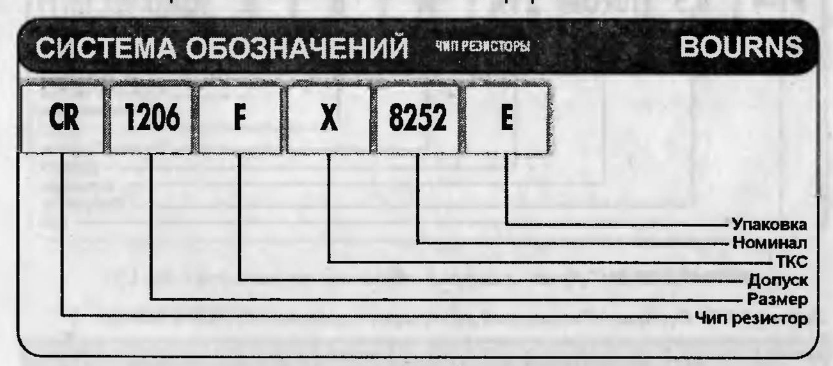
Код	Значение	Код	Значение
CL	чистая контактная площадка	B3	для свободного монтажа
KL	упрочненное покрытие	G	для свободного монтажа
CO	изолированное покрытие	T	для свободного монтажа

Таблица 1.18. Коды обозначения вида упаковки

Код	Описание	Код	Описание
AA	в коробке G53 по 100 шт.	R5	в бобине G26 (G53) по 5000 шт.
AB	в коробке G53 (G83) по 250 шт.	B1	в бобине G26 (G53) по 5000 шт.
AC	в коробке G53 (G73) по 500 шт.	B1	в бобине G26 (G53) по 1000 шт.
A1	в коробке G53 (G73, G83) по 1000 шт.	BE	в бобине G26 (G53) по 2500 шт.
A2	в коробке G26 (G53) по 2000 шт.	B3	в бобине G26 (G53) по 3000 шт.
A4	в коробке G26 по 4000 шт.	B0	в бобине G26 (G53) по 10 000 шт.
A4*	в коробке radial свыше 4000 шт.	P5	в пластиковой бобине по 5000 шт.
A5	в коробке G53 по 5000 шт.	P0	в пластиковой бобине по 10 000 шт.
RC	в бобине G83 по 500 шт.	LA	в пластиковой коробке по 100 шт.
R1	в бобине G83 по 1000 шт.	L1	в пластиковой коробке по 1000 шт.
R2	в бобине G73 по 2000 шт.	L5	в пластиковой коробке по 5000 шт.
RE	в бобине G53 (G73, G83) по 2500 шт.	L0	в пластиковой коробке по 10 000 шт.

ДЕВЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает количество отказов или уровень надежности (табл. 1.11).

Более простая система обозначений фирмы Bourns.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает ЧИП резистор.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает размер корпуса SMD-резистора (табл. 1.14).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает точность (отклонение величины сопротивления от номинала).

«F» = ±1%;

«J» = ±5%, джампер.

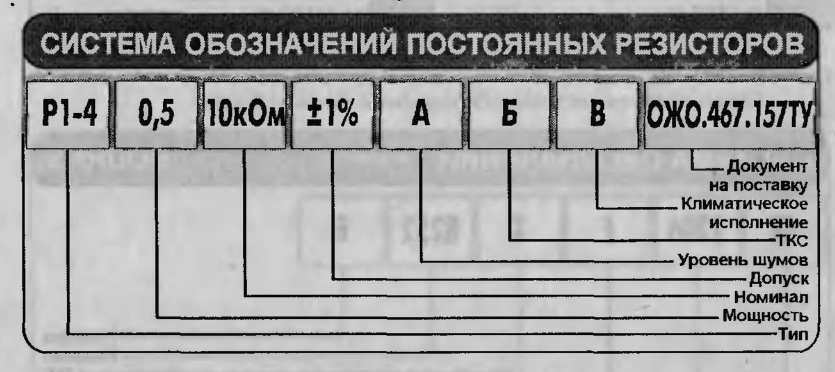
ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает температурный коэффициент сопротивления.

«X» = ±100 ppm/°C;
«W»= ±200 ppm/°C;
«I» = −250 ... +500 ppm/°C.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает номинальное сопротивление. Обозначение номинального сопротивления для 1% точности представляет собой код из четырех цифр, первые три из которых указывают величину номинала сопротивления в омах, а последняя — число последующих нулей. Для резисторов с допуском более 5% код состоит из трех цифр, в котором значащими являются первые две. «000» = джампер (перемычка).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает условия упаковки.

Сегодня специалист и радиолюбитель, используя отечественные резисторы, может столкнуться с двумя системами обозначений типов (не путайте с маркировкой номинала и допуска). В соответствии с действующей в настоящее время системой сокращенных и полных условных обозначений резисторов, выпущенных на территории стран СНГ, условное обозначение вида состоит из следующих элементов (ОСТ 11.074.009−78):



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает тип резистора (табл. 1.19).

Таблица 1.19. Система обозначений резисторов согласно ОСТ 11.074.009-78

Первый знак	Подкласс резисторов	Второй знак	Резистивный материал	Третий знак
Р	резисторы постоянные	1	непроволочные	порядковый номер разработки
РП	резисторы переменные	2	проволочные	
ТР	терморезисторы с отрицательным ТКС			
ТРП	терморезисторы с положительным ТКС			
ВР	варисторы постоянные			
ВРП	варисторы переменные			

До введения указанного выше стандарта, по классификации до 1980 г. (ГОСТ 3453-68), названия отечественных постоянных резисторов (раньше называли «сопротивления») начиналось с буквы «С», переменных и подстроечных с «СП» (затем следовал номер группы резистора в зависимости от токонесущей части: 1 — непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые; 2 — непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические или металлоокисные; 3 — непроволочные композиционные пленочные; 4 — непроволочные композиционные объемные; 5 — проволочные; 6 — непроволочные тонкослойные металлизированные. Затем следовал номер группы резистора в зависимости от токонесущей части.

Названия нелинейных сопротивлений (варисторов) начиналось с букв «СН» (1 — карбид-кремниевые), термозависимых сопротивлений (терморезисторов) — с букв «СТ» (1 — кобальто-марганцевые, 2 — медно-марганцевые, 3 — медно-кобальто-марганцевые, 4 — никель-кобальто-марганцевые), светозависимых сопротивлений (фоторезисторов) начиналось с букв «СФ» (1 — сернисто-свинцовые, 2 — сернисто-кадмиевые, 3 — селенисто-кадмиевые). Далее следовавшая цифра — означала код исходного полупроводникового материала, последующая цифра — вид конструкции и через тире следовал регистрационный номер (номер разработки).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимую мощность рассеяния в ваттах.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальное сопротивление.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимое отклонение сопротивления от номинала (в %).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает уровень шумов для постоянных резисторов.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает температурный коэффициент сопротивления.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает климатическое исполнение *(В — всеклиматическое, Т — тропическое).*

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает документ на поставку.

1.2. РЕЗИСТОРЫ ПЕРЕМЕННЫЕ

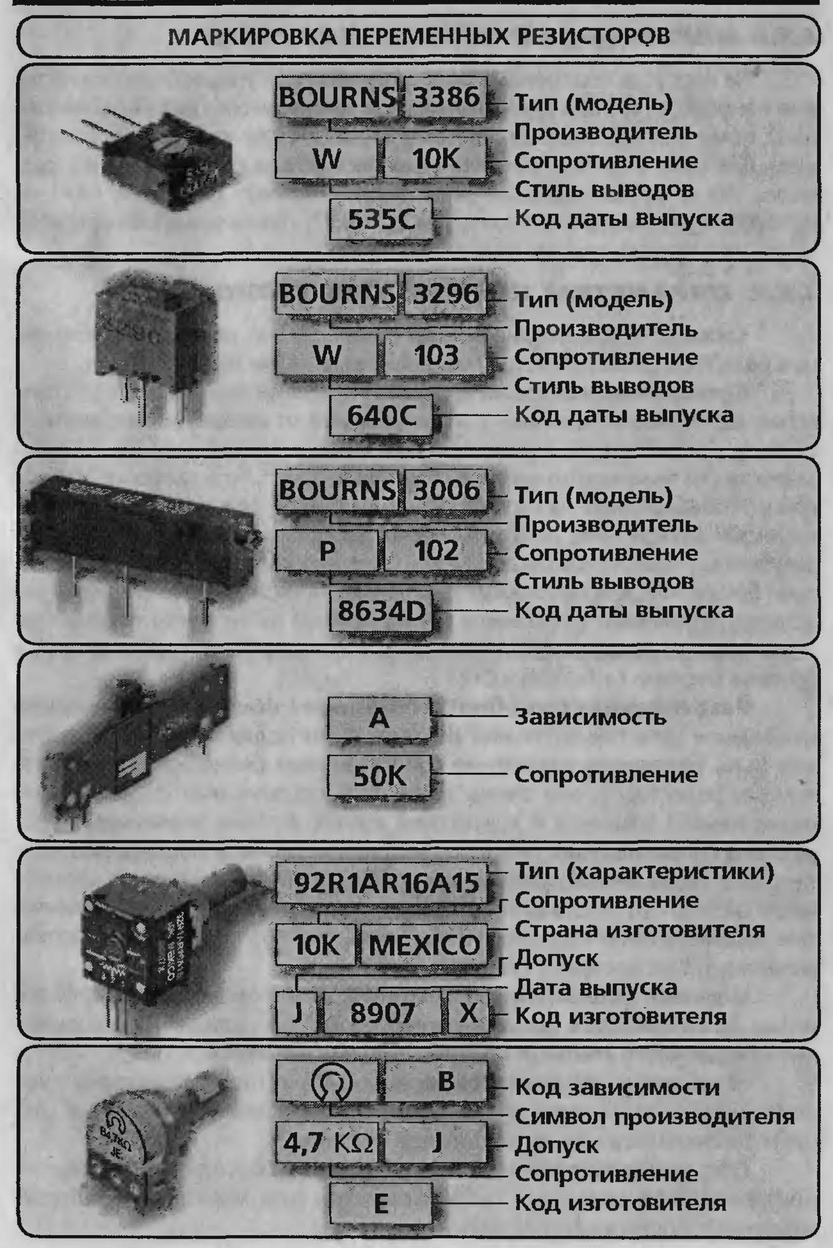
Для переменных резисторов номинальное сопротивление (между крайними выводами) постоянно, но токопроводящая дорожка на разных участках может выполняться разной ширины и разной толщины, а потому будет иметь разное сопротивление. Тогда, при повороте оси переменного (подстроечного или регулировочного) резистора зависимость сопротивления от угла поворота оси будет нелинейной. Потребность в подобных «нелинейных» переменных резисторах объясняется желанием скомпенсировать реальную нелинейность характеристик промежуточных систем и узлов и таким образом сделать сквозную характеристику всего устройства линейнозависимой от угла поворота данного регулируемого резистора.

Переменные резисторы по своему назначению могут быть регулировочными (если изменять величину сопротивления необходимо в процессе эксплуатации узла или модуля) или подстроечными (если необходима разовая регулировка).

МАРКИРОВКА ПЕРЕМЕННЫХ РЕЗИСТОРОВ



МАРКИРОВКА ПЕРЕМЕННЫХ РЕЗИСТОРОВ



1.2.1. МАРКИРОВКА БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ

На корпусах переменных подстроечных и регулировочных резисторов наносится тип, вид функциональной зависимости (для непроволочных), номинальное сопротивление и допуск (иногда код даты изготовления). Для подстроечных переменных резисторов, если не позволяют размеры, тип и функциональная зависимость (обычно для групп «А») на корпусе не указываются. На вкладках (с. 26, 27) приведены примеры надписей на корпусах переменных резисторов.

1.2.2. ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЗИСТОРОВ

Кроме основных параметров, присущих для всех резисторов, переменные резисторы (потенциометры) обладают еще рядом специфических.

Функциональная характеристика определяет зависимость сопротивления переменного резистора или напряжения от положения подвижного контакта. Для множества переменных резисторов установлены основные виды зависимости величины изменения сопротивления от угла поворота оси: линейная (обозначаемая на корпусе резистора буквой «А», для зарубежных — латинской буквой «В»), логарифмическая (обозначаемая буквой «Б», а для зарубежных — латинской буквой «А») и обратнологарифмическая (обозначаемая буквой «В», для зарубежных — латинской буквой «D»). По специальным заказам различными фирмами и предприятиями выпускаются переменные резисторы с другими, специфическими кривыми зависимости, обозначаемые другими буквами («И», «Е», «С»).

Разрешающая способность показывает, при каком наименьшем изменении угла поворота или перемещении подвижной системы может быть различимо изменение сопротивления резистора. У непроволочных резисторов она очень высокая и ограничивается дефектами резистивного элемента и контактной щетки, а также значением переходного сопротивления между проводящим слоем и подвижным контактом. У переменных проволочных резисторов разрешающая способность зависит от числа витков проводящего элемента и определяется тем перемещением подвижного контакта, при котором происходит изменение установленного сопротивления.

Шумами скольжения переменных резисторов принято считать шумы, возникающие в динамическом режиме при движении (скольжении) подвижного контакта по резистивному элементу.

Разбаланс сопротивления многоэлементного резистора — отношение выходных напряжений, снимаемых с разных резисторных секций при перемещении их подвижной системы.

Под **износоустойчивостью** понимают способность переменного резистора сохранять свои параметры при многократных перемещениях подвижной системы.

1.2.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Все перечисленные выше особенности параметров обычно отражаются в полном наименовании потенциометра в технической или товаро-производственной документации.

Ниже приведена система обозначений переменных резисторов по действующим ТУ.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает тип резистора и вариант конструкторского исполнения.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает допустимую мощность рассеяния в ваттах.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальное сопротивление.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимое отклонение сопротивления от номинала (в %).

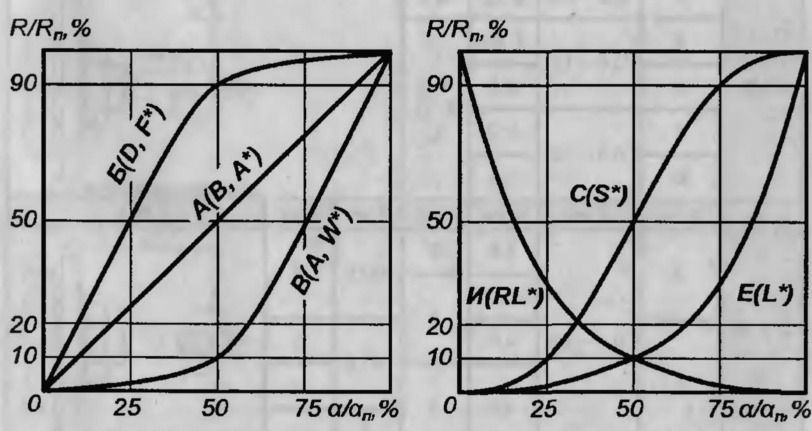


Рис. 1.1. Графики зависимости сопротивления от угла поворота

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает зависимость сопротивления переменного резистора от положения подвижного контакта (рис. 1.1).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает вид выступающей части вала.

Виды и размеры концов валов управления (наружная часть вала, выступающая за элементы крепления) приведены в табл. 1.20.

Таблица 1.20. Размеры концов валов управления переменных резисторов

L, мм	D, мм	C, мм	ВС-1
10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80	2; 3;	0,2 – 0,6	
	4; 6;	0,4 – 1,0	
	8; 10	0,6 – 1,2	Монтажная поверхность

L, мм	D, мм	C, мм	b, мм	h, мм	ВС-2
5; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80	2	0,2 – 0,6	0,4	1,0	
	3		0,6	1,2	
	4	0,4 – 1,0	0,8	1,5	
	6		1,0	2,0	
	8	0,6 – 1,2	1,2	3,0	
	10		2,5	3,0	Монтажная поверхность

L, мм	D, мм	C, мм	a, мм	l, мм	ВС-3
10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80	3	0,2 – 0,6	2; 2,5	4; 6	
	4	0,4 – 1,0	3; 3,5	4; 6; 8; 10; 12	
	6		4; 5		
	8	0,6 – 1,2	6; 7		
	10		7; 9		Монтажная поверхность

L, мм	D, мм	C, мм	a, мм	l, мм	d, мм	l_1, мм	ВС-4
8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 40	4	0,4 – 1,0	3,0	9	M2,5	4	
			3,2	4			
	6		4,0		M3,0	5	
						–	
			4,8	6	–	–	Монтажная поверхность

Продолжение табл. 1.20

L, мм	D, мм	C, мм	A, мм	ВС-5
20; 25; 32; 40	6	0,4 – 1,0	12	

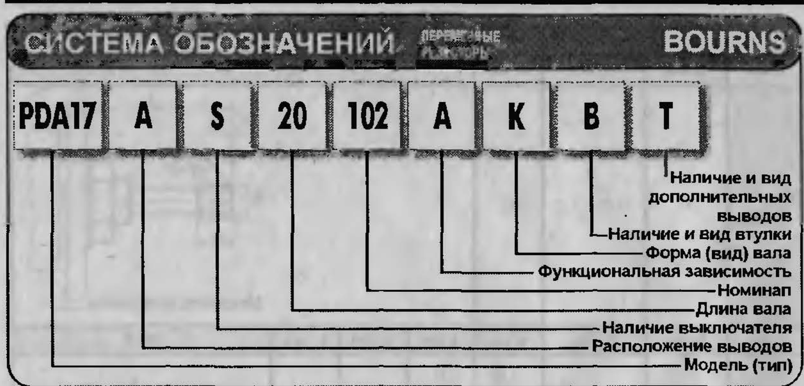
<table>
<tr><th>L, мм</th><th>D, мм</th><th>C, мм</th><th>a, мм</th><th>l, мм</th><th>d, мм</th><th>l₁, мм</th><th>ВС-6</th></tr>
<tr><td rowspan="5">8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 40</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="5">0,4 – 1,0</td><td>3,0</td><td>9</td><td rowspan="2">M2,5</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>3,2</td><td rowspan="2">4</td></tr>
<tr><td rowspan="3">6</td><td>4,0</td><td rowspan="2">M3,0</td><td>5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4,8</td><td rowspan="2">6</td><td>—</td></tr>
<tr><td>—</td><td>—</td></tr>
</table>

L, мм	D, мм	C, мм	A, мм	ВС-7
20; 25; 32; 40	6	0,4 – 1,0	12	

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает размер выступающей части вала (табл. 1.20).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает документ на поставку.

Ниже рассмотрим систему обозначений зарубежных переменных резисторов на примере фирмы Bourns.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает серию (модель) переменного резистора.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает количество секций (групп) переменных резисторов (если секция одна, то данный элемент отсутствует).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры или буква) обозначает расположение выводов и их форму (табл. 1.21).

Таблица 1.21. Расшифровка расположения и формы выводов переменных резисторов

Буква	Цифра	Расшифровка	Буква	Цифра	Расшифровка
A	–	Луженые выводы	H	20	Вертикальное расположение корпуса
S	–	Луженый выступ	G	40	Горизонтальное расположение корпуса

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает наличие («S») или отсутствие («N») дополнительного выключателя (в обозначении некоторых серий резисторов может отсутствовать).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает длину вала в мм.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает код номинального сопротивления.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает характеристику регулировки (см. рис. 1.1).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) стиль вала (табл. 1.22).

Таблица 1.22. Расшифровка стилей вала

Буква	Расшифровка
K	Накатка на металлическом валу
F	Гладкий изолированный вал

Последующие элементы в обозначении могут опускаться (не указываться).

ДЕВЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает наличие втулки и ее размер (M 9 x 0,75).

ДЕСЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает наличие дополнительных выводов.

Для многосекционных (спаренных, счетверенных и т. д.) переменных резисторов система обозначений упрощается из-за отсутствия отдельных элементов конструкции.



1.3. НАБОРЫ РЕЗИСТОРОВ

Для удобства монтажа были созданы **наборы резисторов** — в одном общем миниатюрном корпусе несколько отдельных резисторов или соединеных между собой в различные схемы.

1.3.1. МАРКИРОВКА НАБОРОВ РЕЗИСТОРОВ

Миниатюризация отдельных узлов и изделий повлекла за собой появление новых требований, дополнительных параметров и характеристик, присущих только этим видам радиокомпонентов. При маркировке, если позволяют размеры, на корпуса сборок и наборов резисторов наносится тип, количество резисторов (НР1-4, НР1-7Б) или схема включения (НР1-19), величина сопротивлений (если разные номиналы сопротивлений, то обозначаются через дробь), допуск и дата выпуска (см. вкладки на с. 34, 35).

1.3.2. ТРЕБОВАНИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Сумма фактических мощностей рассеивания всех отдельных резисторов не может превышать предельно допустимой для данного вида (типа) набора. ГОСТ 9663-75 предусматривает для отдельных резисторов в наборе мощности рассеивания от 0,01 до 10 Вт, а суммарной — от 0,05 до 25 Вт.

МАРКИРОВКА НАБОРОВ РЕЗИСТОРОВ



МАРКИРОВКА НАБОРОВ РЕЗИСТОРОВ

СП3-42	Наименование серии
ИР	Символ изготовителя
100K	Номинал резистора
M	Допуск
9202	Дата выпуска

PHILIPS	Изготовитель
4133AR	Наименование серии
90207	Каталожный номер

(символ)	Код производителя
HP1-9A	Символ изготовителя
G10	Номинал резистора
MII	Допуск и ТКС
9110	Дата выпуска

Сопротивление изоляции для любых видов наборов не может быть менее 100 МОм.

Допуски на отклонение фактической величины сопротивления для прецизионных наборов резисторов устанавливаются в пределах ±0,001...±1%, а для остальных видов только ±2, ±5, ±10 и ±20%.

Для резисторных микросхем и наборов, являющихся делителями напряжения, устанавливаются дополнительные показатели, в отличие от постоянных резисторов.

Под **номинальным входным напряжением** понимают наибольшее допустимое напряжение переменного или постоянного тока на входных зажимах.

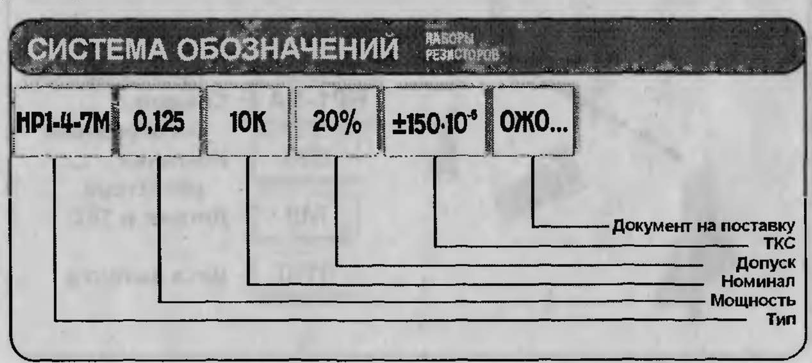
Напряжение на выходе делителя не должно отличаться на величину предельного допуска.

Временной промежуток, в течение которого напряжение на выходе набора резисторов изменяется от уровня 0,1 до достижения уровня 0,9 установившегося (окончательного) значения, принимают за **время установления выходного напряжения.**

Коэффициент деления делителей напряжения резисторных наборов определяется как отношение выходного напряжения к напряжению на входе. Если коэффициенты деления разные (для различных комбинаций соединений), то совокупность всех возможных сочетаний называют **шкалой делителя.**

1.3.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

В основу условных обозначений постоянных и переменных наборов резисторов положен буквенно-цифровой код, которым обозначают тип и значения основных параметров (номинальная величина сопротивления, ТКС, допуск, схема включения), конструктивное исполнение и вид упаковки. Обычно все перечисленные выше особенности параметров отражаются в полном наименовании элемента.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает тип набора резисторов (включает порядковый номер конструкторской разработки, обозначающий тип резистивного элемента, вариант исполнения и схему включения).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимую мощность рассеяния в ваттах.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальное сопротивление.

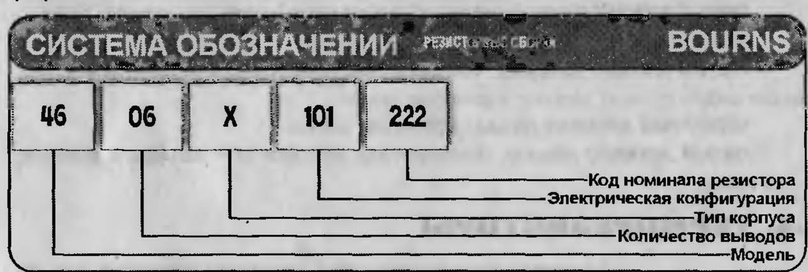
ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначают допустимое отклонение сопротивления от номинала (в %).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает температурный коэффициент сопротивления (xxx $\cdot 10^{-6}$ 1/°C).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает климатическое исполнение (В — всеклиматическое, Т — тропическое).

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает документ на поставку.

Ниже рассмотрим систему обозначений наборов резисторов фирмы Bourns.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает серию (модель) резисторной сборки.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает количество выводов.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает высоту и форму корпуса (табл. 1.23).

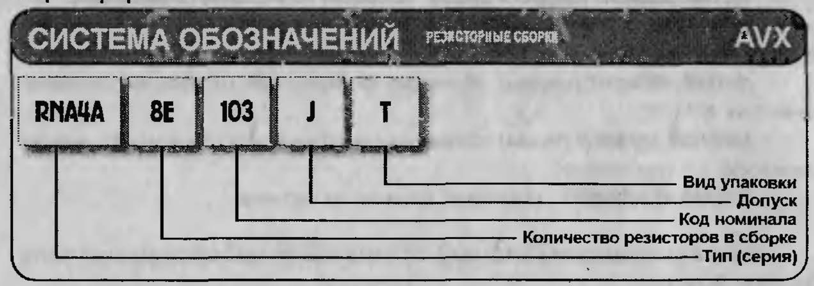
ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает электрическую конфигурацию (табл. 1.23).

Таблица 1.23. Код конструктивного исполнения корпуса и электрической конфигурации резисторных сборок

Конструктивное исполнение	Конструктивное обозначение корпуса	Код электрической конфигурации	Схема электрической конфигурации
R, X	низкопрофильный	001, 102	отдельные резисторы
M	корпус средней высоты	002, 101	резисторы с общим выводом
H	высокий корпус	003, 104	схема двойного терминатора

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает код номинального сопротивления (первые две цифры — число, третья — количество нулей).

Для наборов резисторов SMD исполнения система обозначений упрощается. Ниже рассмотрим систему обозначений SMD наборов резисторов фирмы AVX.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает серию (модель) резисторной сборки.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буква) обозначает количество резисторов в корпусе.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает код номинального сопротивления (первые две цифры — число, третья — количество нулей).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает допуск.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает код упаковки (B — насыпью в упаковке, T — на ленте).

1.4. ТЕРМОРЕЗИСТОРЫ

Термисторы представляют собой термически чувствительные резисторы, у которых при увеличении температуры уменьшается сопротивление.

Такие резисторы еще называют терморезисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления и применяются для компенсации неблагоприятных реакций на изменения температуры.

Позисторы представляют собой термически чувствительные резисторы, у которых резко возрастает сопротивление после достижения (увеличения) определенной температуры, то есть обладают положительным ТКС.

Изменение сопротивления терморезисторов может происходить из-за изменения температуры окружающей среды или при протекании через элемент тока (за счет внутреннего саморазогрева).

1.4.1. МАРКИРОВКА ТЕРМИСТОРОВ

Обычно маркировка содержит лишь самые необходимые и важнейшие сведения о терморезисторе. Во всех случаях обязательным показателем является номинальное сопротивление, для обозначения которого


МАРКИРОВКА НЕЛИНЕЙНЫХ РЕЗИСТОРОВ
СТ15-2
Тип термистора
220 В
Рабочее напряжение, В
0595
Дата выпуска
PH
Производитель
9611
Дата выпуска
96209
Номер по каталогу
S+M
PTC
Группа
Производитель
C380
Тип термистора
9901
Дата выпуска
ММТ-4
Знак приемки
Тип термистора
Знак производителя
1,1 кОм
Номинал
С
1К8
Номинал
Код типа (СТ3-1)
В
Тип
0479
Дата выпуска
1076
Дата выпуска
Производитель
ММТ-12
Тип
100
Номинал

используется буквенно-цифровая маркировка (см. вкладку на с. 39). Цветовая маркировка NTC термисторов осуществляется точками либо полосами. Значения маркировочных цветов приведены на цветной вкладке 5.

1.4.2. ТРЕБОВАНИЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Для терморезисторов дополнительными параметрами, определяющими характеристики, являются коэффициент температурной чувствительности, температурный коэффициент сопротивления, постоянная времени и др.

Коэффициент температурной чувствительности (B) зависит от физических свойств полупроводникового материала, из которого выполнен термочувствительный элемент и определяет характер температурной зависимости термистора. Этот коэффициент можно определить путем измерения сопротивлений элемента ($R_{изм.1}$ и $R_{изм.2}$) при двух различных температурах (T_1 и T_2):

$$B = T_1 \cdot T_2 / (T_2 - T_1) \ln R_{изм.1} / R_{изм.2}$$

Постоянная времени (τ) численно равна времени, при котором температура рабочего элемента при охлаждении в воздухе уменьшится на 63% (обычно составляет 0,5 – 140 с), и характеризует тепловую инерционность термистора.

Температурный коэффициент сопротивления (α_T) зависит от физических свойств полупроводникового материала и характеризует относительное изменение сопротивления при изменении температуры на один градус:

$$\alpha_T = \Delta R_T / R_\Delta T$$

Начало температурного диапазона для позисторов характеризуется температурой T_{RMIN}, а величина сопротивления при этой температуре – R_{MIN}.

Коэффициент энергетической чувствительности (G) определяется количеством тепла, необходимого для изменения температуры термистора на 1°С.

Коэффициент рассеяния (H) определяется значением мощности, рассеиваемой терморезистором, при которой температура элемента повышается на 1°С по отношению к температуре окружающей среды.

Коэффициент рассеяния, коэффициент энергетической чувствительности и температурный коэффициент сопротивления связаны соотношением:

$$G = H / 100\ \alpha_T$$

Для терморезисторов с отрицательным ТКС $\alpha_T = -B/T_2$, а для позисторов $\alpha_T = B/T_2$. Отсюда вытекает, что зная постоянную B, можно определить α_T для любой температуры.

1.4.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

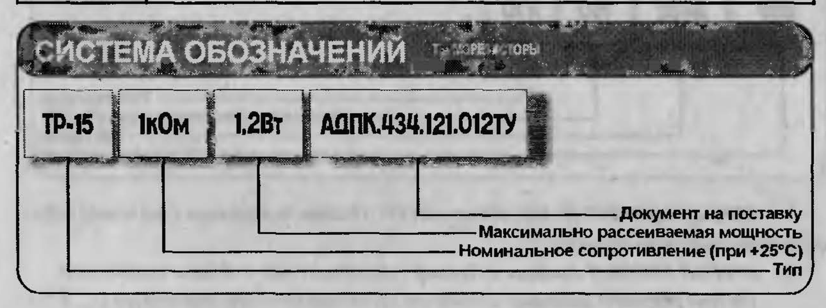
В основу условных обозначений терморезисторов положен буквенно-цифровой (или цифровой) код, которым обозначают тип и зна-

чения основных и дополнительных параметров, конструктивное исполнение и вид упаковки.

До введения ОСТ 11.074.009-78 в основу обозначения терморезисторов входил состав материала, из которого изготавливался термочувствительный элемент: КМТ — кобальто-марганцевые, ММТ — медномарганцевые и т. д. Позднее, названия нелинейных термозависимых сопротивлений (терморезисторов) начинались с букв «СТ» (табл. 1.24).

Таблица 1.24. Состав материала терморезисторов различных типов

Тип	Материал терморезистора
СТ-1 (КМТ)	на основе кобальто-марганцевых сплавов
СТ-2 (ММТ)	на основе медно-марганцевых сплавов
СТ-3	на основе медно-кобальто-марганцевых сплавов
СТ-4	на основе никель-кобальто-марганцевых сплавов
СТ-5	на основе $BaTiO_3$
СТ-6	на основе легированных твердых растворов $Ba(Ti, Sn)O_3$
СТ-7	на основе легированных твердых растворов
СТ-8	на основе VO_2 и ряда поликристаллических твердых растворов
СТ-9	на основе VO_2
СТ-10	на основе $(Ba, Sr)TiO_3$
СТ-11	на основе $(Ba, Sr)(Ti, Sn)O_3$, легированной цезием



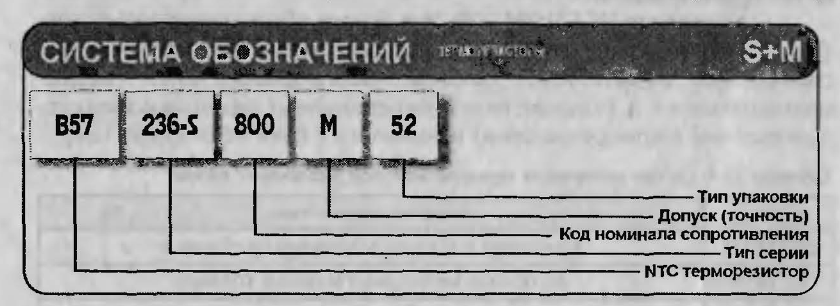
ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает тип терморезистора (табл. 1.19).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальное сопротивление.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает допустимую мощность рассеяния в ваттах.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает документ на поставку, в котором оговариваются дополнительные параметры (коэффициент температурной чувствительности, коэффициент рассеяния, ТКС и постоянную времени).

Система обозначений термисторов фирмы Siemens & Matsushita несколько отличается от перечисленных выше и имеет следующий вид:



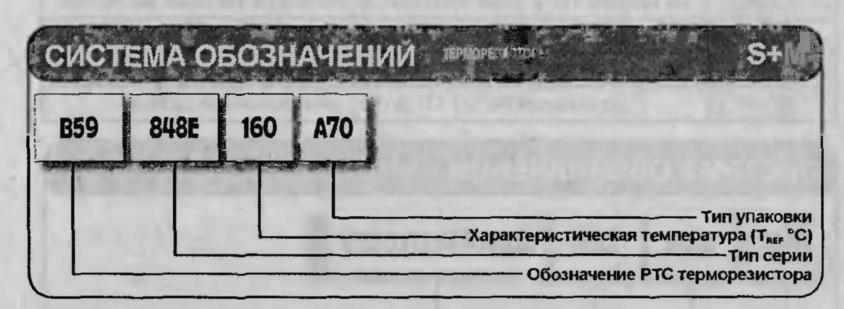
ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (B-57) обозначает NTC (Negative Temperature Coefficient) полупроводниковый терморезистор

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает тип и область применения.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает номинальное сопротивление.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает допуск (точность).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает тип упаковки.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (B-59) обозначает PTC (Positive Temperature Coefficient) полупроводниковый терморезистор.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает тип и область применения.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает характеристическую температуру (T_{REF} в °C).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает тип упаковки.

1.5. ПОЛИМЕРНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ ТОКОВОЙ ПЕРЕГРУЗКИ

Токопроводящие полимеры, сопротивление материала которых может очень резко возрастать в узком диапазоне токов, обычно называют полимерные ограничители токовой перегрузки с положительным коэффициентом или самовосстанавливающимися предохранителями (multifuse).

Особенностью таких полимеров является способность проводить ток в холодном состоянии (сопротивление полимера в нормальном состоянии составляет 0,8–12 Ом). При определенном значении проходящего тока полимер разогревается до точки перехода структуры в аморфное состояние, при котором сопротивление электрическому току может составлять десятки мегаом. Изменение структуры полимера и его сопротивления происходит скачкообразно. При снятии напряжения происходит остывание полимера и кристаллизация его структуры с последующим восстановлением проводимости.

1.5.1. МАРКИРОВКА САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

На корпусах самовосстанавливающихся предохранителей наносится знак фирмы, предельный ток срабатывания, максимальное напряжение и код даты изготовления. Если не позволяют размеры, на корпусе указываются только предельный ток срабатывания (или его код). На вкладке (см. с. 44) приведены варианты маркировки на корпусах предохранителей.

1.5.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ИНФОРМАЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Максимальный ток, который при указанных окружающих условиях может проходить через элемент (без срабатывания этого элемента в установившемся режиме), называют **током пропускания (Iн).**

Ток срабатывания (I_T) — минимальный ток, приводящий к обязательному срабатыванию полимерного ограничителя при оговоренных условиях.

Время срабатывания (t_{TRIP}) определяется как период времени после возникновения перегрузки, когда сопротивление элемента станет значительно выше сопротивления нагрузки.

Мощность рассеяния (P_D) представляет собой произведение тока, проходящего через элемент и падения напряжения на элементе в сработавшем состоянии.

МАРКИРОВКА ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ



Начальное сопротивление (R_{min}) — сопротивление элемента при указанных условиях, перед его подключением в схему.

Максимальное напряжение (U_{max}) — напряжение на элементе при возникновении типичной неисправности. В большинстве схем это напряжение питания схемы.

Для того чтобы иметь представление о семействах полимерных ограничителей токовой перегрузки ниже предлагаются сравнительные характеристики (табл. 1.25).

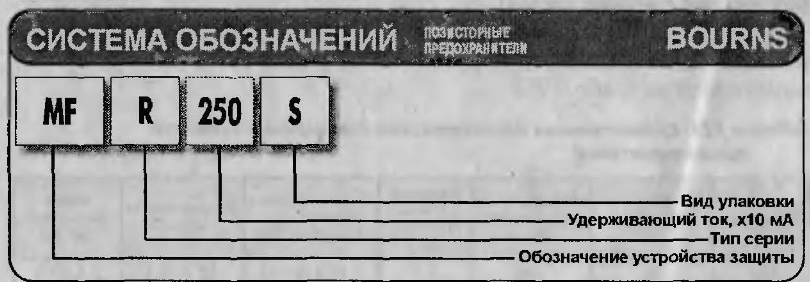
Таблица 1.25. Сравнительная характеристика стандартных семейств предохранителей

Семейства	Макс. напряжение, В	Макс. значение прерываемого тока, А	Диапазон токов пропускания, А	Сопротивление в проводящем состоянии, Ом	Конструктивная высота	Время срабатывания, мс
RGE	16	100	3-11	0,003-0,034	10,2-25,1	3,6-13,5
RUE	30	40	0,9-9	0,005-0,07	12,2-29,7	5,9-20
RXE	60	40	0,1-3,75	0,03-2,5	12,7-33,5	2,2-24
SMD	60	125	0,3-2,6	0,025-1,2	1,52-3,18	0,3-20
miniSMD	до 30	40	0,2-1,1	0,04-0,8	0,62-0,81	0,02-0,3
TS	60(650 В)	1,1/3	0,13	6,5-12	3,4 max	1,5-2,5
TR	60(600 В)	3/10	0,12-0,18	2-12	10...12,6	0,1-100
LTR	15-24	100	1,0-3,4	0,027-0,13	1,1 max	2,9-7
SRP	15-24	100	1,2-4,2	0,024-0,16	1,1 max	0,02-15
MF-R	30/60	40	0,1-9	0,005-4,5	10,9-13,8	2,2-20
MF-RX	60	40	1,1-3,75	0,03-0,25	18-33,5	8,2-24
MF-S	15/30	100	1,2-4,2	0,012-0,16	4,9-13,6	3-6
MF-LS	24	100	1-3,4	0,016-0,13	1,1 max	2,9-7
MF-SM	15/30/60	10/40	0,3-2,5	0,035-2,4	3-3,18	0,3-25
MF-MSM	6/13,2/15/30	10/40	0,2-1,1	0,04-1,2	0,38-0,81	0,02-0,3

Обычно полимерные ограничители токовой перегрузки применяются совместно с ограничителями напряжения. Смысл совместного использования состоит в том, что при превышении напряжения определенного уровня через ограничитель напряжения начинает протекать ток, достаточный для разогрева предохранителя и перевода его в аморфное состояние. В такой схемной комбинации ограничитель напряжения предотвратит попадание опасного напряжения на электрические цепи объекта и не выйдет из строя потому, что ток, проходящий через него, будет слишком мал.

1.5.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Перечисленные особенности параметров обычно отражаются в полном наименовании для заказа полимерных устройств защиты фирмы Bourns.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает устройство защиты (предохранитель).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает тип элемента (табл. 1.26).

Таблица 1.26. Расшифровка типов устройств защиты

Тип	Значение
RX, R	с радиальными проволочными выводами
S, LS, LR	с аксиальными проволочными выводами
SM	для поверхностного монтажа
MSMD	миниатюрные (4,5 мм), для поверхностного монтажа
MSME	миниатюрные (11,5 мм), для поверхностного монтажа
AAA	для монтажа в аккумуляторных батареях
D	безвыводной диск (квадрат, прямоугольник)

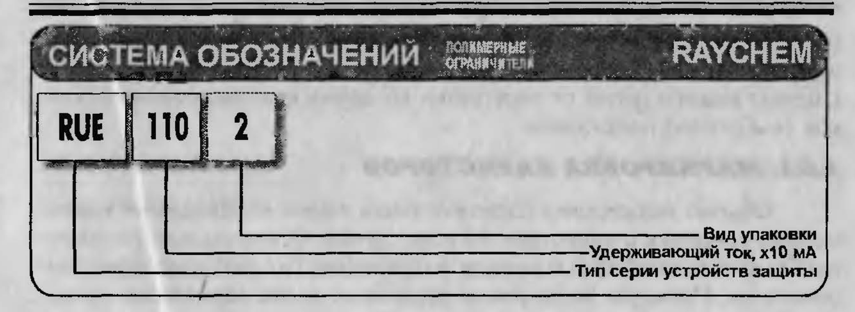
ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает удерживающий ток.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы или цифра) обозначает вид упаковки (табл. 1.27).

Таблица 1.27. Обозначение вида упаковки

Код	Значение	Код	Значение
AP	упаковка Ammo-Pak	2	упаковка на рельефной ленте
S	упаковка внавал	1	упаковка по EIA-481

Для полимерных ограничителей перегрузки фирмы Raychem система обозначений немного отличается.

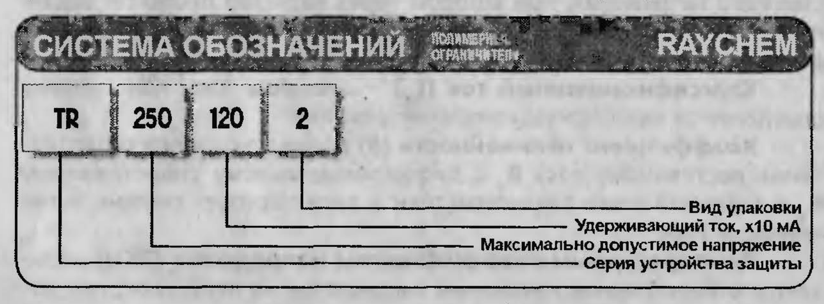


ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает серию полимерных ограничителей токовой перегрузки.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает максимальный ток, не вызывающий срабатывания.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает вид упаковки.

Если полимер осуществляет ограничение как по току, так и по напряжению, то в системе обозначений добавляется еще один элемент.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает серию полимерных ограничителей перегрузки.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает максимально допустимое напряжение.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает максимальный ток, не вызывающий срабатывания.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает вид упаковки.

1.6. ВАРИСТОРЫ

Варисторы - это резисторы с резко выраженной зависимостью их электрического сопротивления от приложенного к ним напряжения.

Как правило, увеличение приложенного напряжения до некоторого критического предела или совсем не изменяет сопротивление варистора, или изменяет его незначительно. А при больших напряжениях

(больше классификационного), сопротивление резистора резко уменьшается, шунтируя цепь к которой он подключен. Часто они применяются с целью защиты цепей от перегрузки во время кратковременных скачков (выбросов) напряжения.

1.6.1. МАРКИРОВКА ВАРИСТОРОВ

Обычно маркировка содержит лишь самые необходимые и важнейшие сведения о варисторе. Во всех случаях обязательным показателем является классификационное напряжение (и/или) классификационный ток. Примеры маркировки различных типов варисторов приведены на вкладке (см. с. 49).

1.6.2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Для всех нелинейных резисторов, кроме стандартных обязательных параметров, оговариваются дополнительные, определяющие характер его нелинейности. Такой параметр может быть выражен формулой, числовым коэффициентом либо графически.

Классификационное напряжение ($U_{кл}$) определяет значение постоянного напряжения, при котором через варистор протекает заданный классификационный ток. Для переменных варисторов **($U_{кл}$)** определяется между выводами с нерегулируемым сопротивлением.

Классификационный ток ($I_{кл}$) — значение тока, при котором определяется классификационное напряжение.

Коэффициент нелинейности (β) равен отношению сопротивления постоянному току **R_c** к дифференциальному сопротивлению **$R_д$** в заданной точке характеристики и характеризует степень нелинейности ВАХ.

Температурным коэффициентом напряжения (ТКН) называется относительное изменение напряжения на варисторе, при изменении температуры окружающей среды на 1°С и неизменном протекающем токе.

1.6.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

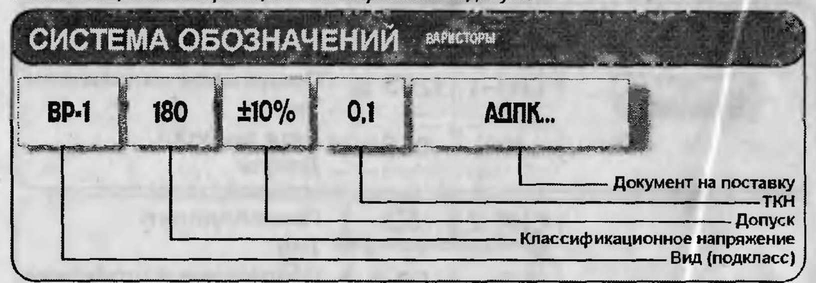
В основу условных обозначений варисторов положен буквенно-цифровой код, которым обозначают тип и значения основных параметров (классификационное напряжение или ток и вариант конструктивного оформления).

В основу обозначения варисторов выпуска до 1978 г. первым элементом было сочетание букв «СН» (сопротивление нелинейное), вторым элементом была цифра, обозначающая код исходного полупроводникового материала (1 — карбид кремния, 2 — оксид цинка, 3 — селен), третьим элементом снова была цифра, обозначающая вид конструкции (1 — цилиндрическая, 2 — дисковая), четвертым элементом то же была цифра,

МАРКИРОВКА НЕЛИНЕЙНЫХ РЕЗИСТОРОВ



обозначающая порядковый номер разработки, а пятым и шестым элементами — цифры, обозначающие классификационное напряжение и допуск.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает вид (подкласс) варисторов (см. табл. 1.19).

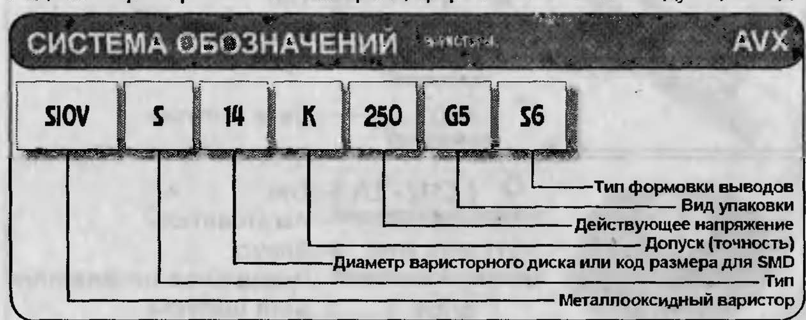
ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает классификационное напряжение.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимые отклонения.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает температурный коэффициент напряжения.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает документ на поставку, в котором оговариваются дополнительные параметры.

Система обозначений металлооксидных варисторов с симметричной ВАХ (подобна характеристике стабилитрона) фирмы AVX имеет следующий вид:



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает металлооксидный варистор.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает тип конструкции (см. табл. 1.28).

Таблица 1.28. Тип конструкции варисторов фирмы Siemens & Matsushita

Тип	Описание	Тип	Описание
CN	негерметизированный кристалл	LS...QP	накладной, с винтовым отверстием
CU	герметизированный кристалл	S	дисковый круглый
E	блочного типа	SR	дисковый прямоугольный

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) — обозначает диаметр варисторного диска или размеры для прямоугольных SMD-варисторов.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) — обозначает точность (допуск).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) — обозначает максимальное действующее напряжение.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) — обозначает тип упаковки. G5 — лента.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) — обозначает тип формовки выводов, указывается только для дисковых варисторов.

1.7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ, ПОДБОРУ И ДЕФЕКТОВКЕ

Резисторы, применяемые в колебательных контурах, усилителях высокой частоты, аттенюаторах, должны обладать только активным сопротивлением, т. е. не изменять свое сопротивление в рабочем диапазоне частот. Граничная частота, на которой может работать резистор, зависит от его номинального сопротивления и собственной емкости:

$$F_{гр} = 1/4\pi RC.$$

Собственные емкости, например, непроволочных резисторов (ВС, МТ, ОМЛТ, С2-6, С2-13, С2-14, С2-23, С2-33) находятся в интервале 0,1 — 1,1 пФ. Кроме того, выбирая тип резистора для входных цепей и входных каскадов высокочувствительной радиоаппаратуры, параметр собственного шума резистора надо считать самым главным и определяющим.

При работе в импульсном режиме средняя мощность не должна превышать номинальную, так как через резистор протекают периодические импульсы тока, мгновенные значения которых могут значительно превышать значения в непрерывном режиме. Превышение же предельно допустимого напряжения, обычно приводит к поверхностному «коронному» или дуговому замыканию торцевых выводов резистора или к прожиганию по его поверхности.

У резисторов большого сопротивления (более сотни килоом) характерным дефектом является внутренний обрыв. При этом отсутствуют какие-либо внешние признаки неисправности — обугливание краски, трещины. Такой резистор можно определить, измерив тестером режимы активных элементов (транзисторов, микросхем) по постоянному току.

Труднее выявить неисправный резистор, стоящий в сигнальной цепи. В этом случае необходимо проводить измерения на самом большом пределе омметра («$x10^4$» Ом и более) или проверить осциллографом прохождение сигнала по цепи.

При длительной эксплуатации оборудования возникает необратимое увеличение или уменьшение сопротивления резисторов. Более устойчивы к старению все проволочные резисторы, а также непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические и металлоокисные. Менее устойчивы композиционные лакосажевые.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ

– Самовосстанавливающихся предохранителей

Для выбора подходящего предохранителя сперва необходимо определить рабочие параметры защищаемой цепи (максимальное значение температуры окружающей среды, номинальный рабочий ток, максимальное рабочее напряжение, максимальное значение прерываемого тока) и выполнить следующие действия:

1. Максимальное рабочее напряжение и максимальное значение прерываемого тока не должны превышать допустимые параметры выбранного предохранителя.

2. Время срабатывания выбранного предохранителя должно быть достаточным для надежной защиты цепи.

Чрезмерно малое время срабатывания может привести к нежелательным срабатываниям предохранителя при кратковременных перегрузках по току. С другой стороны, слишком большое время срабатывания может привести к тому, что защищаемое устройство выйдет из строя раньше, чем сработает предохранитель. В обоих этих случаях желательно выбрать другой тип предохранителя.

3. Возможная температура окружающей среды должна находиться в диапазоне допустимых рабочих температур предохранителя.

4. Размеры выбранного предохранителя не должны превышать отведенного для него пространства.

– Варисторов

Процедура выбора варистора определяется видом перенапряжения, возникающего в схеме (узле) и предполагает несколько шагов:

1. Выбираемый варистор должен соответствовать рабочему напряжению.

2. Выбираемый варистор должен соответствовать применению по средней рассеиваемой мощности, по току перегрузки, по энергии абсорбции (причем требуется учесть число возможных повторных импульсов).

3. Выбранное при перенапряжении, максимально возможное напряжение на варисторе обязательно следует сравнить с максимально допустимыми параметрами компонентов схемы, для обеспечения их защиты.

2. КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсаторы (от лат. condenso — уплотняю, сгущаю) — это радиоэлементы с сосредоточенной электрической емкостью, образуемой двумя или большим числом электродов (пластин), разделенных диэлектриком (специальной бумагой, керамикой, слюдой и т. д.).

В настоящее время конденсаторы можно разделить на две группы: обычные (применяемые в электронных и радиотехнических устройствах) и силовые (применяемые в электротехнических и энергетических установках).

Учитывая функциональный признак, конденсаторы делят на пусковые и рабочие (для электродвигателей), для преобразовательных устройств (коммутирующие, фильтровые, демпфирующие, компенсирующие), для высоковольтных делителей напряжения (для повышения коэффициента мощности в линиях электропередачи и в распределительных сетях) и т. д.

По конструкции бывают однокорпусные, блоки или сборки конденсаторов и конденсаторные установки.

По принципу управляемости значением емкости конденсаторы могут быть постоянными (с фиксированным номиналом емкости) и переменными, а по характеру управления — конденсаторы с механическим, электрическим (вариконды, варикапы) и термическим (термоконденсаторы) управлением емкостью.

В зависимости от вида климатического исполнения различают конденсаторы для работы в условиях холодного, умеренного и тропического климата.

Важным свойством конденсатора является то, что для переменного тока он представляет собой реактивное сопротивление, величина которого уменьшается с ростом частоты.

2.1. КОНДЕНСАТОРЫ ПОСТОЯННЫЕ

По виду диэлектрика постоянные конденсаторы бывают с органическим (пленочным, бумажным с возможностью пропитки диэлектрическими жидкостями), неорганическим (слюдяным, керамическим, стеклянным), оксидным и газообразным диэлектриком.

По типу обкладок различают конденсаторы с фольговыми, металлизированными и пластинчатыми.

По значению номинального напряжения различают конденсаторы высокого и низкого напряжения.

2.1.1. НОМИНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Значения номинальных параметров являются базовыми при определении отклонений путем измерения. В зависимости от цепи, в которой может использоваться конденсатор, к нему предъявляются разные требования.

Чем больший заряд способен накопить диэлектрик, заключенный между пластинами при определенном напряжении, тем больше величина электрической емкости конденсатора.

Емкость конденсатора зависит от размеров (площади) обкладок, расстояния между ними и свойств диэлектрика.

Емкость конденсаторов измеряют в фарадах (Ф). Это очень большая величина, которая на практике не встречается. В радиотехнике применяют конденсаторы от нескольких долей пикофарад (пФ) до нескольких тысяч микрофарад (мкФ).

Номинальная емкость это емкость конденсатора, выбранная из числового ряда значений E3, E6, E12 и E24 (см. приложение 1).

Допускаемое отклонение – максимальная разность значений между измеренной и номинальной емкостями, при оговоренных в нормативно-технической документации частоте и температуре (табл. 2.1.1).

Таблица 2.1.1. Буквенный код допускаемого отклонения емкости конденсаторов

Допуск, %	Буквенное обозначение		Допуск, %	Буквенное обозначение		Допуск, %	Буквенное обозначение	
	лат.	рус.		лат.	рус.		лат.	рус.
±0,001	E	–	±0,2	C	У	+-30	N	Ф
±0,002	L	–	±0,5	D	Д	-10...+30	Q	–
±0,005	R	–	±1,0	F	Р	-10...+50	T	Э
±0,01	P	–	±2,0	G	Л	-10...+100	Y	Ю
±0,02	U	–	±5,0	J	И	-20...+50	S	Б
±0,05	X	–	±10	K	С	-20...+80	Z	А
±0,1	B	Ж	±20	M	В	–	–	–

Номинальное напряжение – это значение, при котором конденсатор может работать при заданных условиях в течение срока службы, сохраняя свои параметры.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) характеризует относительное изменение емкости от номинального значения при изменении температуры окружающей среды.

Постоянная времени ($t_{из}$) – это величина, характеризующая свойство конденсатора, которое заключается в самопроизвольном снижении напряжения на разомкнутых выводах заряженного конденсатора.

Коэффициент диэлектрической абсорбции характеризует явление, обусловленное замедленными процессами перераспределения зарядов в диэлектрике конденсатора.

Собственная индуктивность зависит от конструктивного исполнения конденсатора и обусловлена индуктивностью выводов и секций.

Тангенс угла диэлектрических потерь (tgδ) определяется как отношение активной мощности конденсатора к его реактивной мощности при синусоидальном напряжении определенной частоты.

Ток проводимости через диэлектрик конденсатора при постоянном напряжении называют **током утечки.**

2.1.2. БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА

Для маркировки малогабаритных конденсаторов используют кодированное обозначение основных параметров чередованием букв и цифр (см. цветные вкладки).

Величина емкости на корпусе конденсатора (со стандартными выводами) может указываться в виде конкретного цифрового значения номинала, выраженного в пФ, нФ, мкФ. Номинальную емкость до 100 пФ обозначают в пикофарадах, помещая букву «П» или «р» после числа. При этом емкость конденсатора менее 10 пФ кодируется буквой «R» и двумя цифрами (1R5 = 1р5 = 1П5 = 1,5 пФ). Емкость от 100 пФ до 0,1 мкФ обозначают в нанофарадах «Н» или «n», а от 0,1 мкФ и выше — в микрофарадах «М», «m» или «μ». Буква ставится вместо десятичной запятой, а незначащий ноль первой цифры всегда опускается (1000р = 1Н0 = 1n0 = 1 нФ; М10 = m10 = μ10 = 0,1 мкФ).

По стандарту MIL—C—39008 номинальная емкость указывается в виде конкретного значения, выраженного в пикофарадах в виде кода из трех или четырех цифр (табл. 2.1.2).

В трехзначном коде — первые две цифры значащие, третья цифра обозначает число последующих нулей (102 = 1000 пФ, 150 = 15 пФ).

В четырехзначном коде — первые три цифры значащие, а четвертая цифра обозначает число последующих нулей (3322 = 33200 пФ = 33,2 нФ).

Маркировки керамических и пленочных SMD-конденсаторов выполняют в соответствии с нормами EIA (см. вкладку на с. 62). Иногда SMD керамические конденсаторы маркируются кодом, состоящим из одной или двух букв и цифры.

Первая буква (может отсутствовать) означает код изготовителя (К — для фирмы Kemet и т. д.). Сочетание второй буквы (первая литера по табл. 2.1.3) и цифры (вторая литера по табл. 2.1.3) определяют величину емкости конденсатора.

Таблица 2.1.2. Код трехзначного обозначения номинала емкости конденсатора

E.I.A. код	Пикофарады (пФ)	Нанофарады (нФ)	Микрофарады (мкФ)
1R5	1,5	0,0015	
2R2	2,2	0,0022	
3R3	3,3	0,0033	
4R7	4,7	0,0047	
6R8	6,8	0,0068	
100	10	0,01	
150	15	0,015	
220	22	0,022	
250	25	0,025	
330	33	0,033	
390	39	0,039	
470	47	0,047	
500	50	0,05	
560	56	0,056	
680	68	0,068	
750	75	0,075	
820	82	0,082	
101	100	0,1	0,0001
121	120	0,12	0,00012
151	150	0,15	0,00015
181	180	0,18	0,00018
201	200	0,2	0,0002
221	220	0,22	0,00022
251	250	0,25	0,00025
271	270	0,27	0,00027
301	300	0,3	0,0003
331	330	0,33	0,00033
391	390	0,39	0,00039
401	400	0,4	0,0004
471	470	0,47	0,00047
511	510	0,51	0,00051
561	560	0,56	0,00056
681	680	0,68	0,00068
751	750	0,75	0,00075
821	820	0,82	0,00082
102	1000	1	0,001
122	1200	1,2	0,0012
152	1500	1.5	0,0015
202	2000	2	0,002
222	2200	2,2	0,0022

Продолжение табл. 2.1.2

E.I.A. код	Пикофарады (пФ)	Нанофарады (нФ)	Микрофарады (мкФ)
222	2200	2,2	0,0022
252	2500	2,5	0,0025
272	2700	2,7	0,0027
302	3000	3	0,003
332	3300	3,3	0,0033
392	3900	3,9	0,0039
472	4700	4,7	0,0047
562	5600	5,6	0,0056
682	6800	6,8	0,0068
822	8200	8,2	0,0082
103	10 000	10	0,01
123	12 000	12	0,012
153	15 000	15	0,015
183	18 000	18	0,018
223	22 000	22	0,022
273	27 000	27	0,027
333	33 000	33	0,033
393	39 000	39	0,039
473	47 000	47	0,047
563	56 000	56	0,056
683	68 000	68	0,068
823	82 000	82	0,082
104	100 000	100	0,1
124		120	0,12
154		150	0,15
184		180	0,18
224		220	0,22
274		270	0,27
334		330	0,33
394		390	0,39
474		470	0,47
564		560	0,56
684		680	0,68
824		820	0,82
105		1000	1
125			1,2
155			1,5
205			2
305			3
405			4
505			5
106			10

Например, код J2 неизвестного изготовителя конденсатора означает емкость 220 пФ (совпадение строки J и столбца 2 по табл. 2.1.3), в то время как код KS53 означает величину емкости конденсатора 4700 пФ фирмы Kemet.

Таблица 2.1.3. Код двузначного обозначения емкости SMD-конденсаторов

Первая литера (буква)	Вторая литера (цифра)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
A	1,0	10	100	1000	10 000	100 000	1 000 000	10 000 000
B	1,1	11	110	1100	11 000	110 000	1 100 000	11 000 000
C	1,2	12	120	1200	12 000	120 000	1 200 000	12 000 000
D	1,3	13	130	1300	13 000	130 000	1 300 000	13 000 000
E	1,5	15	150	1500	15 000	150 000	1 500 000	15 000 000
F	1,6	16	160	1600	16 000	160 000	1 600 000	
G	1,8	18	180	1800	18 000	180 000	1 800 000	
H	2,0	20	200	2000	20 000	200 000	2 000 000	
J	2,2	22	220	2200	22 000	220 000	2 200 000	
K	2,4	24	240	2400	24 000	240 000	2 400 000	
L	2,7	27	270	2700	27 000	270 000	2 700 000	
M	3,0	30	300	3000	30 000	300 000	3 000 000	
N	3,3	33	330	3300	33 000	330 000	3 300 000	
P	3,6	36	360	3600	36 000	360 000	3 600 000	
Q	3,9	39	390	3900	39 000	390 000	3 900 000	
R	4,3	43	430	4300	43 000	430 000	4 300 000	
S	4,7	47	470	4700	47 000	470 000	4 700 000	
T	5,1	51	510	5100	51 000	510 000	5 100 000	
U	5,6	56	560	5600	56 000	560 000	5 600 000	
V	6,2	62	620	6200	62 000	620 000	6 200 000	
W	6,8	68	680	6800	68 000	680 000	6 800 000	
X	7,5	75	750	7500	75 000	750 000	7 500 000	
Y	8,2	82	820	8200	82 000	820 000	8 200 000	
Z	9,1	91	910	9100	91 000	910 000	9 100 000	
a	2,5	25	250	2500	25 000	250 000	2 500 000	
b	3,5	35	350	3500	35 000	350 000	3 500 000	
d	4,0	40	400	4000	40 000	400 000	4 000 000	
e	4,5	45	450	4500	45 000	450 000	4 500 000	
f	5,0	50	500	5000	50 000	500 000	5 000 000	
m	6,0	60	600	6000	60 000	600 000	6 000 000	
n	7,0	70	700	7000	70 000	700 000	7 000 000	
t	8,0	80	800	8000	80 000	800 000	8 000 000	
g	9,0	90	900	9000	90 000	900 000	9 000 000	

Допускаемое отклонение емкости, как правило, также указывается в виде буквенного кода после обозначения номинальной емкости конденсатора (см. табл. 2.1.1).

Значение ТКЕ для конденсаторов может быть отрицательным (обозначается буквой «М» или «N»), положительным («П» или «Р»), близким к нулю («МП» или «NPO»).

Буква «Н» в условном обозначении группы означает, что для этих конденсаторов ТКЕ не нормируется. Следующие за буквой «Н» цифры указывают на предельно допустимые изменения емкости в интервале рабочих температур.

Температурный коэффициент емкости или относительное изменение емкости при изменении температуры обозначают буквенным кодом (табл. 2.1.4).

Таблица 2.1.4. Кодирование значений ТКЕ керамических конденсаторов

Обозначение группы	Буквенный код	Номинальное значение ТКЕ, ppm/°C	Обозначение группы	Буквенный код	Номинальное значение ТКЕ, ppm/°C
П100	A	100	M220	R	-220
(П120)		(120)	M330	S	-330
П60	G	60	M470	T	-470
П33	N	33	M750	U	-750
МП0	C	0	(M700)		(-700)
M33	H	-33	M1500	V	-1500
M47	M	-47	(M1300)		(-1300)
M75	L	-75	M2200	K	-2200
M150	P	-150	M3300	Y	-3300

В условном обозначении керамических конденсаторов, изготовленных по стандарту MIL-C-3914, указывается вольтемпературная характеристика кодом из двух букв. Первая буква из этого кода означает интервал рабочих температур. Вторая буква — изменение емкости в интервале температур (табл. 2.1.5).

Рабочее напряжение может указываться конкретным значением этого параметра выраженным в вольтах или киловольтах или буквенным (цифровым) кодом (табл. 2.1.6).

Кроме основных параметров на корпусах конденсаторов может указываться дата изготовления как в цифровом виде (двузначные числа месяца и года), так и в виде кода (табл. 2.1.7). Некоторые фирмы проставляют дату изготовления в виде четырехзначного кода, где первые две цифры означают номер недели, а следующие — две последние цифры года. Однако последние две цифры могут также означать полугодие (0 или 1) и последнее число года (см. вкладки на с. 61, 62).

Таблица 2.1.5. Кодированное обозначение изменения емкости

Первая буква кода	Интервал рабочих температур °С	Вторая буква кода	Изменение емкости по сравнению с ее значением при +25°С	
			без напряжения на конденсаторе	при напряжении на конденсаторе
A	-55...+85	G	(+30...-30) 10^6 1/°C	(+30...-30) 10^6 1/°C
		H	(+60...-60) 10^6 1/°C	(+60...-60) 10^6 1/°C
		J	(+120...-120) 10^6 1/°C	(+120...-120) 10^6 1/°C
B	-55...+125	K	(+250...-250) 10^6 1/°C	(+250...-250) 10^6 1/°C
		P	+15...-15%	+15...-40%
		W	+22...-56%	+22...-66%
C	-55...+155	X	+15...-15%	+15...-25%
		Y	+30...-70%	+30...-80%
		Z	+20...-20%	+20...-30%

Таблица 2.1.6. Буквенный код номинального рабочего напряжения конденсаторов

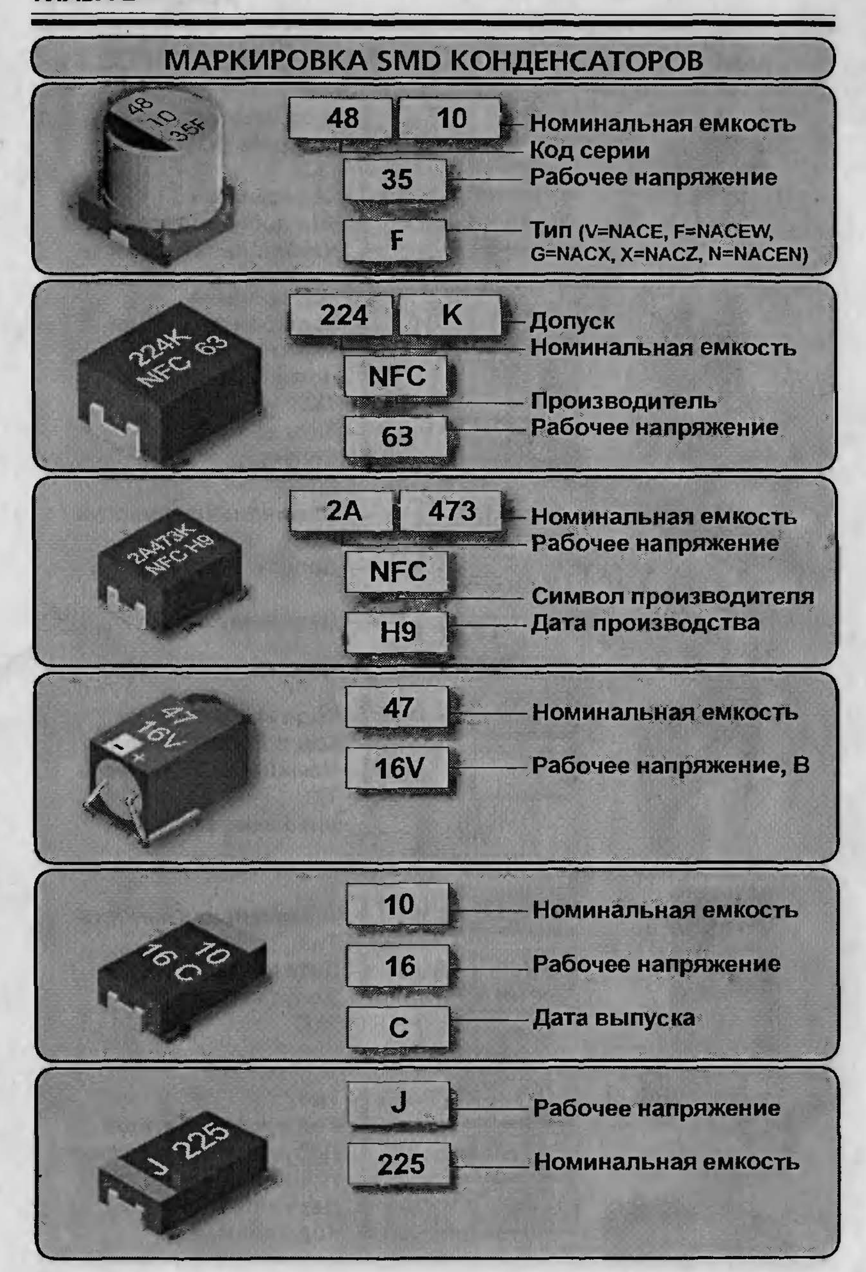
Напряжение, В	Код	Напряжение, В	Код	Напряжение, В	Код	Напряжение, В	Код	Напряжение, В	Код
1,0	I	6,3	B	32	H	100	N	315	X
1,6	R	10	D	40	S	125	P	350	T
2,5	M	16	E	50	J	160	Q	400	Y
3,2	A	20	F	63	K	200	Z	450	U
4,0	C	25	G	80	L	250	W	500	V

Таблица 2.1.7. Буквенно-цифровой код даты изготовления

Месяц изготовления	Код	Год изготовления	Код	Год изготовления	Код
январь	1	1986	U	1998	K
февраль	2	1987	V	1999	L
март	3	1988	W	2000	M
апрель	4	1989	X	2001	N
май	5	1990	A	2002	P
июнь	6	1991	B	2003	R
июль	7	1992	C	2004	S
август	8	1993	D	2005	T
сентябрь	9	1994	E	2006	U
октябрь	0	1995	F	2007	V
ноябрь	N	1996	H	2008	W
декабрь	D	1997	I (J)	2009	X

МАРКИРОВКА ПОСТОЯННЫХ КОНДЕНСАТОРОВ




МАРКИРОВКА SMD КОНДЕНСАТОРОВ
48
10
35
F
48
10
35F
Номинальная емкость
Код серии
Рабочее напряжение
Тип (V=NACE, F=NACEW, G=NACX, X=NACZ, N=NACEN)
224K
NFC 63
224
K
NFC
63
Допуск
Номинальная емкость
Производитель
Рабочее напряжение
2A473K
NFC H9
2A
473
NFC
H9
Номинальная емкость
Рабочее напряжение
Символ производителя
Дата производства
47
16V
47
16V
Номинальная емкость
Рабочее напряжение, В
10
16 C
10
16
C
Номинальная емкость
Рабочее напряжение
Дата выпуска
J 225
J
225
Рабочее напряжение
Номинальная емкость

2.1.3. ЦВЕТОВОЕ КОДИРОВАНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ

В связи с тем, что оксидные конденсаторы имеют большой производственный разброс допусков, они технологически выполняются по стандартному ряду Е6.

ЦВЕТОВАЯ КОДИРОВКА ТАНТАЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Маркировка оксидно-полупроводниковых танталовых конденсаторов (К50-30, К50-60, К53-21) производится цветовым кодом, изображенным на цветных вкладках 8, 9, 10.

Отсчет полос начинается со стороны, противоположной выводам конденсатора. Каждому цвету соответствует определенное цифровое значение. Первой полосой маркируется рабочее напряжение, второй — две цифры номинальной емкости, а третьей — множитель. Четвертая полоса указывает на допуск, при нормированном допуске — не маркируется и оговаривается при поставке.

ЦВЕТОВОЙ КОД ТАНТАЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ЗАРУБЕЖНЫХ ФИРМ

Маркировка танталовых оксидных конденсаторов (каплевидной формы) производится цветовым кодом, приведенным на цветной вкладке.

Расположение дополнительной цветной точки указывает на положительный вывод конденсатора.

ЦВЕТОВОЙ КОД КЕРАМИЧЕСКИХ АКСИАЛЬНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Конкретный состав маркировочных элементов устанавливается изготовителями в зависимости от габаритных размеров конденсаторов. Цветовая кодировка применяется для маркировки миниатюрных конденсаторов, номинальное рабочее напряжение которых не превышает 63 В. Маркировку наносят в виде цветных точек или полос.

Каждому цвету соответствует определенное цифровое значение. Маркировочные знаки на конденсаторах сдвинуты к одному из выводов, от которого начинается отсчет. Ширина полосы, обозначающей величину ТКЕ, делается примерно в два раза больше других.

Отличие в маркировке зарубежных конденсаторов заключается в том, что последняя маркировочная полоса (означающая ТКЕ) сдвинута к противоположному краю корпуса конденсатора, причем расстояние между крайними полосами (от начала счета) в два раза шире, чем между предыдущими (см. цветную вкладку 6).

Конденсаторы с малой величиной допуска (0,1–10%) маркируются шестью цветовыми кольцами. Первые три — численная величина емкости в пикофарадах, четвертое кольцо — множитель, пятое кольцо — допуск, шестое кольцо — ТКЕ.

Конденсаторы с величиной допуска ±20% маркируются четырьмя цветовыми кольцами. Первые два — численная величина емкости в пикофарадах (так как незначащий ноль в третьем разряде не маркируется). Третье кольцо — множитель, четвертое кольцо — ТКЕ. Величина допуска (пятое кольцо) не маркируется.

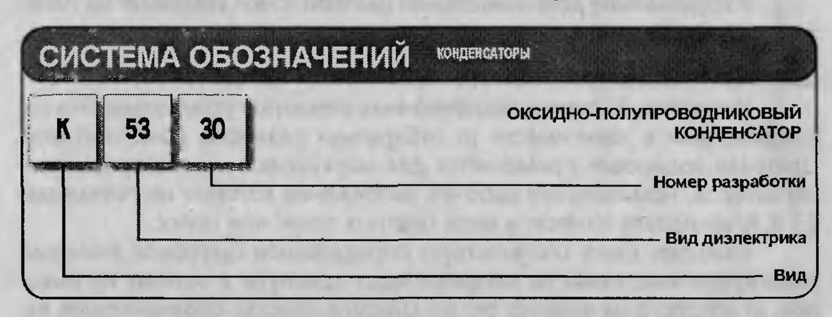
ЦВЕТОВОЙ КОД ПЛЕНОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Пленочные высоковольтные конденсаторы обычно маркируются цифрами (номинальное значение) и буквами (множитель, допускаемое отклонение и рабочее напряжение). Маркировка основных параметров отдельными фирмами производится цветными полосами, значение которых приведено на цветной вкладке 7. Отсчет поясов (колец) начинается с противоположной стороны выводов от головки конденсатора.

У керамических конденсаторов отечественного и зарубежного производства каждой группе ТКЕ соответствует определенный цвет корпуса или цветная метка (см. цветную вкладку 6). Причем размер первого маркировочного знака вдвое больше размера второго маркировочного знака. Если цвет корпуса совпадает с цветом первого маркировочного знака, то первый маркировочный знак не ставят.

2.1.4. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Сокращенное условное обозначение или тип конденсатора (в соответствии с ОСТ 11.074.008-78) состоит из следующих элементов:



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ буква или сочетание букв, определяющих вид конденсатора (К — конденсатор постоянной емкости).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ число, обозначающее используемый вид диэлектрика для конденсаторов постоянной емкости. Значение этого элемента приведено в табл. 2.1.8.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ порядковый номер разработки конкретного типа, в состав которого может входить и буквенное обозначение (табл. 2.1.9).

Таблица 2.1.9. Буквенное обозначение режимов работы

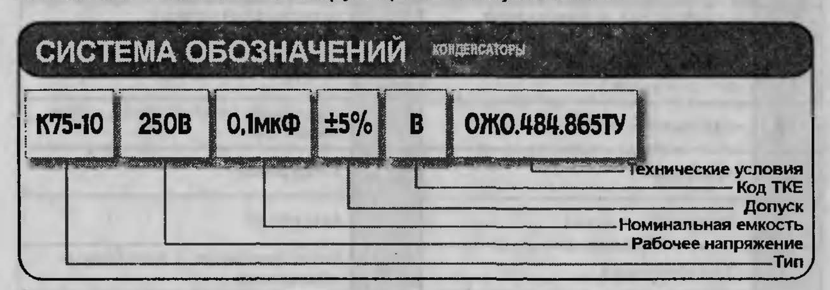
Код	Значение	Код	Значение
П	для работы в цепях постоянного и переменного тока	У	для работы в цепях постоянного тока и в импульсных режимах
Ч	для работы в цепях переменного тока	И	для работы в импульсных режимах

Таблица 2.1.8. Коды классификации конденсаторов

Код	Признаки классификации	Код	Признаки классификации
10	керамические на напряжение ниже 1600 В	52	оксидные танталовые, объемопористые
15	керамические на напряжение 1600 В и выше	53	оксидно-полупроводниковые
20	кварцевые	58	с двойным электрическим слоем (ионисторы)
21	стеклянные	60	воздушные
22	стеклокерамические	61	вакуумные
23	стеклоэмалевые	70	полистирольные, с фольговыми обкладками
26	тонкопленочные с неорганическим диэлектриком	71	полистирольные, с металлизированными обкладками
31	слюдяные малой мощности	72	фторопластовые
32	слюдяные большой мощности	73	полиэтилентерефталатные, с металлизированными обкладками
40	бумагофольговые на напряжение ниже 2 кВ	74	полиэтилентерефталатные с фольговыми обкладками
41	бумагофольговые на напряжение выше 2 кВ	75	комбинированные
42	бумажные металлизированные	77	поликарбонатные
50	оксидные (электролитические) алюминиевые	78	полипропиленовые
51	оксидные (электролитические) танталовые, ниобиевые		

В пользовании также встречаются конденсаторы старых типов, в основу классификации которых брались различные признаки: конструктивные разновидности, технологические особенности, области применения, эксплуатационные характеристики и т. д. (КД – конденсаторы дисковые; КМ – керамические монолитные; КЛС – керамические литые, секционные; КСО – конденсаторы слюдяные опресованные; СГМ – слюдяные герметизированные малогабаритные; КБГИ – конденсаторы бумажные герметизированные, изолированные; МБГЧ – металлобумажные, герметизированные, частотные; КЭГ – конденсаторы электролитические, герметизированные; ЭТО – электролитические, танталовые, объемно-пористые).

Полное условное обозначение состоит из сокращенного обозначения и значения основных параметров и характеристик, необходимых для заказа и записи в конструкторской документации.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает тип конденсатора (см. выше сокращенное условное обозначение).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает напряжение, при котором конденсатор может работать в заданных условиях и единицу измерения.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальную емкость конденсатора и единицу измерения.

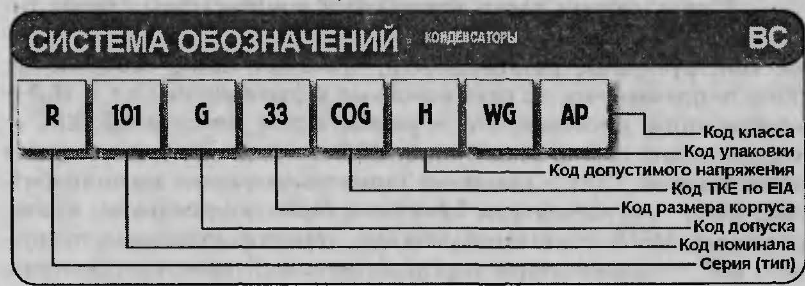
ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допускаемое отклонение емкости от номинала.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает температурный коэффициент емкости для конденсаторов с линейной зависимостью емкости от температуры или относительное изменение емкости при изменении температуры.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ предусматривает технические условия и вид приемки.

За рубежом отсутствует межгосударственная система условного обозначения конденсаторов (стандартизованная), поэтому каждой фирмой она устанавливается самостоятельно.

Основная, наиболее часто применяемая базовая система условного обозначения конденсаторов состоит из восьми элементов.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид (серию) конденсатора.

Для конденсаторов коммерческого и промышленного исполнения кодирование серии устанавливаются изготовителями, а для конденсаторов специального назначения – символы, установленные стандартами MIL (табл. 2.1.10).

Таблица 2.1.10. Коды серий для конденсаторов специального назначения, установленные стандартами MIL

Тип	Номер стандарта	Тип	Номер стандарта
CCR	MIL-C-20	CSR	MIL-C-39003
CHR	MIL-C-39022	CWR	MIL-C-55365
CK	MIL-C-11015	CX	MIL-C-49137
CRH	MIL-C-83421		

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает кодированное значение номинальной емкости конденсатора (смотри приведенную ранее табл. 2.1.2).

Таблица 2.1.11. Буквенное обозначение температурного коэффициента керамических конденсаторов (8С, Philips)

Код группы	Температурный коэффициент, ppm/°C	Класс	Цветная маркировка
M7J	P100±30	1	красный + фиолетовый
COG	NPO±30	1	черный
P2G	N150±30	1	оранжевый
U2J	N750±120	1	фиолетовый
P8K	N1500±500	1	оранжевый + оранжевый
SLO	+150...-1500	1	без цвета
Y5P	±10% (-30...+85°C)	2	желтый
X5U	-58% ... +22% (-55...+85°C)	2	голубой
Z5V	-82% ... +22% (-10...+85°C)	2	зеленый

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает допускаемое отклонение емкости (см. табл. 2.1.1).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буква) обозначает габаритные размеры конденсатора.

Таблица 2.1.12. Буквенное обозначение групп конденсаторов с нелинейной зависимостью

Код группы	Код CECC	Интервал температур, °C	Допускаемое изменение емкости, %	Код группы	Код CECC	Интервал температур, °C	Допускаемое изменение емкости, %
Y5F			±7,5	X5S			±22
Y5P			±10	X5U		-55 ... +85	-56 ... +22
Y5S		-30 ... +85	±22	X5V			-82 ... +22
Y5U			-56 ... +22	Z5F			±10
Y5V	2F4		-82 ... +22	Z5P			±22
X5F			±7, 5	Z5S		-10 ... +85	-56 ... +22
X5P		-55 ... +85	±10	Z5U	2E4		-56 ... +22
X5R	2C1		±15	Z5V	2E6		-82 ... +22

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает температурную характеристику по EIA (см. табл.2.1.11). Конденсаторы с нелинейной зависимостью емкости от температуры классифицированы на 16 групп и имеют кодировку, указанную в (табл. 2.1.12).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает максимальное напряжение, при котором конденсатор может работать в заданных условиях (табл. 2.1.13).

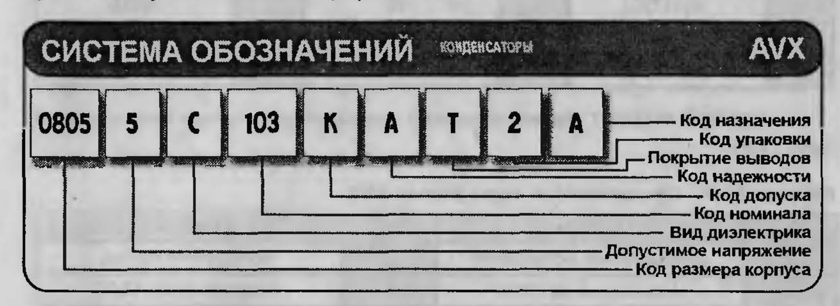
Таблица 2.1.13. Буквенно-цифровой код обозначения номинального напряжения различными фирмами

Uном, В	Буквенно-цифровой код						
	Multi Products	Philips (BC)	Component Research (Panasonic)	Matsuo	Rohm (ITT)	Nitronics (Vitramon)	Sprague (Kemet)
4,0				4001	(G)		
5,5/6,3	6R0		(5R5)/(0J)	6301	(J)		
10		6	(1A)	1002	(A)		(010)
12	A			1202	(B)		
16	B	7		1602	(C)		
20				2002	(D)		
25/30	C	8 (E)	(1E)/A	2502	(E)	(X)	(025)
35			(1G)	3502	(V)		(035)
50	D	9 (F)	B (1H)	5002	R5 (T)	A	C(050)
63				6302		(A)	D
100/160	E	0 (H)	C	1003	1	B (B)	E / Q
200		B	D	2003	2	C (C)	
400			E	4003	4	E	
500	F	D (L)		5003		(E)	
600	G			6003		F	
1000		E (N)		1004	1K0		
2000	H2			2004	2K0		
3000	H3	G		3004	3K0		
5000	H5			5004	5K0		

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид упаковки (каждый изготовитель устанавливает свои обозначения, обычно — россыпью, на пластиковой или бумажной ленте в бобине, картонная или пластиковая коробка).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает код класса изготовления (AP — класс 1, SP — класс 2).

Для SMD-конденсаторов система обозначений немного отличается, добавляются дополнительные классификационные требования и отсутствует обозначение серии. Для примера рассмотрим более подробную систему обозначений фирмы AVX.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает код габаритного размера SMD-конденсатора (приложение 8).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра или буква) обозначает максимальное напряжение, при котором конденсатор может работать в заданных условиях (табл. 2.1.14).

Таблица 2.1.14. Буквенно-цифровой код обозначения номинального напряжения фирмы AVX

Напряжение, В	Код	Напряжение, В	Код	Напряжение, В	Код	Напряжение, В	Код
10	Z	50	5	1000	A	5000	K
16	Y	100	1	2000	G	6000	L
16	Y	200	2	3000	H	7000	M
25	3	500	7	4000	J	8000	N

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает тип диэлектрика с определенным ТКЕ (табл. 2.1.15).

Таблица 2.1.15. Кодированное обозначение вида диэлектрика фирмы AVX

Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение
A	1B/COG	G	Y5V	Z	N750
C	2C1/X7R	S	N150	Y	SL
E	2F4/Y5V	O	N470	1 (3)	N220 (N330)

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает кодированное значение номинальной емкости конденсатора (табл. 2.1.2).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает допустимое отклонение емкости (табл. 2.1.16).

Таблица 2.1.16. Буквенный код допустимого отклонения емкости конденсаторов фирмы AVX

Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение
A	1B/(COG)	G	Y5V	Z	N750
C	2C1/(X7R)	S	N150	Y	SL
E	2F4/(Y5V)	O	N470	1 (3)	N220 (N330)

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает специфический код или частоту отказов (табл. 2.1.17).

Таблица 2.1.17. Специфические коды фирмы AVX

Код	Значение	Код	Значение
A	коммерческое исполнение	E	исполнение по ESA
G	исполнение по BS910	T	исполнение по CECC

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает материал покрытия выводов (табл. 2.1.18).

Таблица 2.1.18. Кодированное обозначение материала покрытия выводов фирмы AVX

Код	Значение	Код	Значение
A	Gold 99,99%	T	Nickel/Sn63%/Pb37%
J	NickelBarrier/Sn60%/Pb40%	1	Pd/Ag
N	Nickel 99,99%	7	Nickel/Ag/Au
W	Nickel/Sn96%/Ag4%		

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква или цифра) обозначает вид упаковки (табл. 2.1.19).

Таблица 2.1.19. Кодированное обозначение вида упаковки фирмы AVX

Код	Значение	Код	Значение
1	пластиковая лента	M	на бобине диаметром 7 дюймов
2	бумажная лента	R	на бобине диаметром 13 дюймов
B	россыпью	W	вафельная упаковка

Более подробно виды маркировок конденсаторов различных фирм-изготовителей приведены в справочном пособии серии «Ремонт» вып. 39 (с. 205-218) «Резисторы, конденсаторы, припои, флюсы».

2.2. КОНДЕНСАТОРЫ ПЕРЕМЕННЫЕ

По принципу изменения номинала емкости конденсаторы могут быть постоянными (с фиксированным номиналом емкости) и переменными. Переменные подстроечные конденсаторы допускают изменение емкости, как правило, при периодической или разовой регулировке аппаратуры (настройка контуров). Регулировочные конденсаторы допускают изменение емкости в процессе функционирования аппаратуры (радиоприемных и радиопередающих трактов).

Таблица 2.2.1. Цветовая маркировка и параметры (TZVX2, TZV02)

C (min)	C (max)	T E (ppm/°C)	Q (min)	Цвет статора
0,65	2,5	NPO ±300 (Z)	200	белый
1,5	3,0	NPO ±300 (Z)	300	светло-зеленый
2,5	6,0	NPO ±300 (Z)	500	светло-зеленый + маркировка
3,0	10,0	NPO ±300 (Z)	500	светло-зеленый + маркировка
4,5	20,0	N750 ±500 (R)	500	коричневый

Таблица 2.2.2. Цветовая маркировка и параметры (TZC03)

C (min)	C (max)	T E (ppm/°C)	Q (min)	Цвет статора
1,4	3,0	NPO±300 (Z)	300	коричневый
2,0	6,0	NPO±300 (Z)	500	голубой
3,0	10,0	N750±500 (R)	500	белый
5,0	20,0	N1200±500 (P)	300	красный
6,5	30	N1200±500 (P)	300	зеленый

Таблица 2.2.3. Цветовая маркировка и параметры (TZBX4 – monolithic plate)

C (min)	C (max)	T E (ppm/°C)	Q (min)	Цвет статора
4,0	25	NPO±300 (Z)	300	черный + маркировка
7,0	50	N750±300 (R)	300	черный + маркировка

2.2.1. МАРКИРОВКА ПЕРЕМЕННЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ЦВЕТНЫМ КОДОМ

Конкретный состав и цвет маркировочных элементов устанавливается фирмами в зависимости от габаритных размеров конденсаторов (табл. 2.2.1 – 2.2.6). Обычно цветовым кодом маркируют подстроечные (триммеры) малогабаритные и SMD-конденсаторы, изображение которых представлено на цветных вкладках 11, 12.

Таблица 2.2.4. Цветовая маркировка и параметры (TZBX4 – single plate)

C (min)	C (max)	T E(ppm/°C)	Q (min)	Цвет статора
1,4	3,0	NPO ±300 (Z)	300	коричневый
2,0	6,0	NPO ±300 (Z)	500	голубой
3,0	10	NPO ±300 (Z)	500	белый
4,5	20	N750 ±500 (R)	500	красный
6,5	30	N1200 ±500 (P)	300	зеленый
8,5	40	N1200 ±500 (P)	300	желтый

Таблица 2.2.5. Цветовая маркировка и параметры (TZ03 – monolithic plate)

C (min)	C (max)	T E(ppm/°C)	Q (min)	Цвет статора
6,0	50	NPO ±300 (Z)	300	оранжевый
9,0	90	N750 ±300 (R)	300	черный + маркировка
10,0	120	N750 ±300 (R)	300	черный

Таблица 2.2.6. Цветовая маркировка и параметры (TZ03 – single plate)

C (min)	C (max)	T E(ppm/°C)	Q (min)	Цвет статора
1,25	2,3	NPO ±300 (Z)	300	черный
1,5	5,0	NPO ±300 (Z)	500	голубой
2,0	7,0	NPO ±300 (Z)	500	голубой
2,7	10,0	NPO ±300 (Z)	500	голубой
2,1	10,0	N200 ±200 (N)	500	белый
3,0	11,0	N450 ±300 (T)	500	белый
4,2	20,0	N450 ±300 (T)	500	розовый
4,2	20,0	N750 ±500 (R)	500	красный
5,2	30,0	N750 ±500 (R)	500	зеленый
6,8	45,0	N1200 ±500 (P)	300	желтый
9,8	60,0	N1200 ±500 (P)	300	коричневый

2.2.2. БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА ПАРАМЕТРОВ

На корпусах переменных подстроечных и регулировочных конденсаторов наносится тип (серия), номинальная емкость и ее отклонение (иногда код даты изготовления). Для подстроечных переменных конденсаторов, если не позволяют размеры, тип на корпусе не указывается.

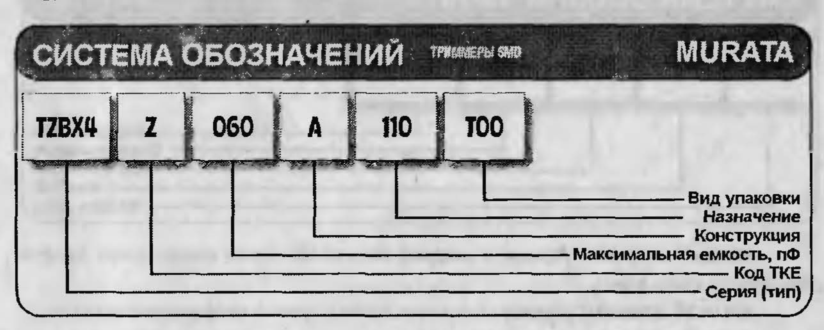
Для маркировки малогабаритных переменных конденсаторов используется кодированное обозначение отдельных параметров.

В зависимости от того, в какой цепи может использоваться конденсатор, к нему предъявляются разные требования. Поэтому на одни и те же типы конденсаторов некоторые специфические параметры могут иметь различные значения (они обычно оговариваются в сопроводительной документации).

2.2.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

За рубежом единой системы условного обозначения конденсаторов нет. Каждая фирма самостоятельно устанавливает приемлемую для себя систему обозначения. Далее рассмотрены лишь основные, наиболее часто применяемые коды зарубежных переменных конденсаторов.

Базовая система условного обозначения триммеров фирмы Murata состоит из шести элементов.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает серию конденсатора (цифра обозначает размер в мм, со стороны выводов).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает температурный коэффициент емкости.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает максимальную емкость в пикофарадах.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает вид конструктивного исполнения (табл. 2.2.7).

Таблица 2.2.7. Виды конструктивного исполнения

Код	Описание конструкции
A	выводы расположены снизу и завернуты внутрь, для монтажа на печатные проводники (статор сверху проводников)
B	выводы расположены в противоположные стороны, для монтажа на печатные проводники (статор сверху проводников)
C	выводы расположены для монтажа в отверстия печатных проводников (статор сверху проводников)
D	выводы расположены для монтажа в отверстия печатных проводников (статор под проводниками)
E	выводы расположены в противоположные стороны, для монтажа на печатные проводники (статор под проводниками)

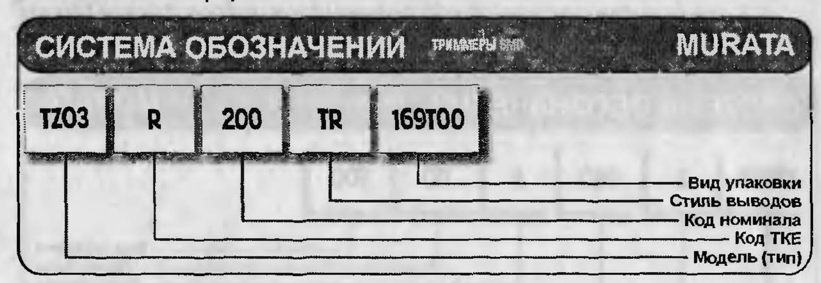
ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает специализацию регулировочной прорези (110 — стандартная, 310 — крестообразная).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает вид упаковки (табл. 2.2.8).

Таблица 2.2.8. Виды упаковки

Код	Описание упаковки
T00	2000 шт. упакованы на ленте, бобина диаметром 180 мм
T01	8000 шт. упакованы на ленте, бобина диаметром 330 мм
нет	500 шт. упакованы в коробке

А система условного обозначения подстроечных конденсаторов вида TRIMCAP той же фирмы Murata состоит из пяти элементов.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначают серию конденсатора (цифра обозначает размер в мм).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает температурный коэффициент емкости.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначают максимальную емкость в пикофарадах.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает стиль выводов (табл. 2.2.9).

Таблица 2.2.9. Стиль выводов

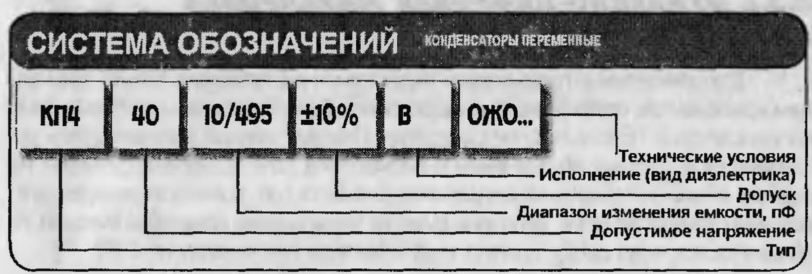
Код	Описание конструктивного исполнения выводов
ER	выводы вертикальные, прямые, направлены вниз
FR	выводы вертикальные, изогнуты и направлены вниз
BR	выводы вертикальные, прямые, направлены вверх
NR	выводы вертикальные, изогнуты и направлены вверх
YR	выводы повернуты на 90 градусов
TR	нормальное расположение выводов

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначают вид упаковки (табл. 2.2.10).

Таблица 2.2.10. Виды упаковки

Код	Описание упаковки
169	по 500/1000 шт. упакованы россыпью
194	упакованы в «магазины» по 80 шт.
169Т00	упакованы на ленте по 1000 шт.

Полное условное обозначение переменных конденсаторов в соответствии с ОСТ 11.074.008-78 и ГОСТ 11076-69 состоит из сокращенного обозначения и значения основных параметров и характеристик, необходимых для заказа и записи в конструкторской документации.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает сокращенное обозначение вида конденсатора (см. табл. 2.2.11).

Таблица 2.2.11. Обозначение вида переменных конденсаторов

Код	Значение
КТ1	конденсаторы подстроечные, вакуумные
КТ2	конденсаторы подстроечные, с воздушным диэлектриком
КТ3	конденсаторы подстроечные, с газообразным диэлектриком
КТ4	конденсаторы подстроечные, с твердым диэлектриком
КП1	конденсаторы переменные, вакуумные
КП2	конденсаторы переменные, с воздушным диэлектриком
КП3	конденсаторы переменные, с газообразным дизлектриком
КП4	конденсаторы переменные, с твердым диэлектриком

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает рабочее напряжение.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры через дробь) обозначает номинал минимальной и максимальной емкостей в пикофарадах.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допуск.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает вид исполнения или тип диэлектрика.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает документ на поставку.

В пользовании также встречаются конденсаторы старых типов, в основу классификации которых брались различные признаки: конструктивные разновидности, технологические особенности, области применения, эксплуатаци-

онные характеристики и т. д. (КПК – конденсаторы подстроечные керамические).

2.3. НАБОРЫ КОНДЕНСАТОРОВ

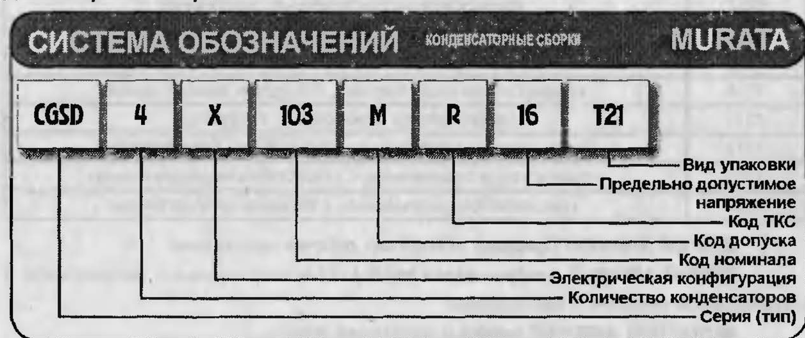
Группирование в одном общем миниатюрном корпусе нескольких отдельных конденсаторов и соединение их между собой в различные схемы способствует уплотнению монтажа. Такие наборы конденсаторов получили широкое использование в радиоэлектронной аппаратуре.

2.3.1. БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА ПАРАМЕТРОВ

Дополнительные параметры и характеристики, присущие только этим видам компонентов, отражаются при маркировке. Единой системы на обозначения конденсаторных сборок пока не существует. Поэтому каждый производитель установил свою систему обозначений и маркировки. Если позволяют размеры, на корпуса сборок и наборов конденсаторов наносится тип, количество конденсаторов или схема включения, величина емкости (если разные номиналы емкости, то обозначаются через дробь), допуск и дата выпуска (см. вкладку на с. 77).

2.3.2. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

При заказе для проектирования и изготовления различных изделий фирма Murata предлагает следующую систему обозначений конденсаторных сборок:



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает серию (модель) сборки конденсаторов.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает количество конденсаторов в корпусе.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает электрическую схему соединений.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает код номинальной емкости (первые две цифры – число, третья – количество нулей).

МАРКИРОВКА КОНДЕНСАТОРНЫХ СБОРОК



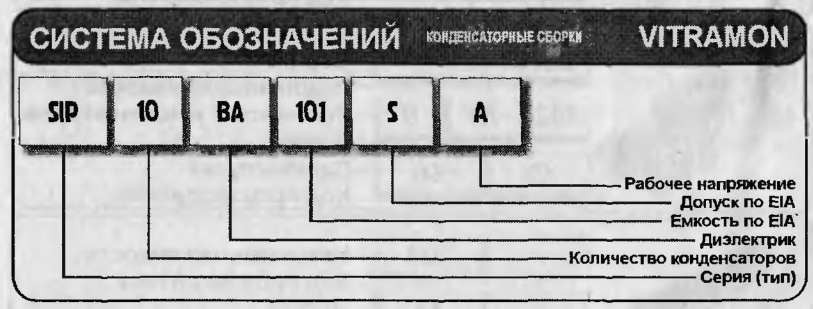
ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает код отклонения емкости по EIA.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает температурный коэффициент емкости по EIA.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает максимальное постоянное рабочее напряжение.

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква и цифры) обозначает вид упаковки (T21 – на ленте).

Незначительные отличия в системе обозначений конденсаторных сборок (с выводами в один ряд) имеются у фирмы Vitramon:



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает серию (модель) конденсаторной сборки.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает количество конденсаторов в корпусе.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает материал диэлектрика (табл. 2.3.1).

Таблица 2.3.1. Кодирование материала диэлектрика

Код	Диэлектрик	Код	Диэлектрик
BA	с нелинейной зависимостью NPO	ZU	с нелинейной зависимостью Z5U
BY	с нелинейной зависимостью X7R	Y	с нелинейной зависимостью Y5V

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает код номинальной емкости (первые две цифры – число, третья – количество нулей).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает код допуска по EIA (см. табл. 2.1.1).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает постоянное рабочее напряжение (табл. 2.3.2).

Таблица 2.3.2. Кодирование рабочего напряжения

Код	Рабочее напряжение	Код	Рабочее напряжение	Код	Рабочее напряжение
X	25 В	A	50/63 В	B	100 В

2.4. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ

При работе с высоковольтными конденсаторами необходимо учитывать явление абсорбции электрических зарядов в диэлектрике,

обуславливающей неполную отдачу энергии (от 3 до 5%) при быстром разряде конденсатора на нагрузку. Это опасно для жизни.

У некоторых слюдяных и керамических конденсаторов может иметь место так называемое мерцание, т. е. самопроизвольное скачкообразное изменение емкости (возрастающее с увеличением напряжения). Это явление может сказываться на стабильности работы аппаратуры (в особенности измерительной). Применение таких конденсаторов в качестве образцовых недопустимо.

Эксплуатация при малых напряжениях (менее 1 В) увеличивает нестабильность сопротивления изоляции некоторых типов лакопленочных, металлопленочных и однослойных металлобумажных конденсаторов, а также возрастает тангенс угла потерь из-за образования окисной пленки. Но при включении указанных конденсаторов под напряжение более 10 В их параметры практически восстанавливаются.

При выборе оксидного (электролитического) конденсатора для схем УЗЧ и блоков питания, кроме номинальной его емкости, необходимо учитывать рабочее напряжение. Ток утечки не должен превышать допустимую величину (0,1 мА/1 мкФ). Недопустима также подача напряжения обратной полярности. При эксплуатации оксидных конденсаторов при малых напряжениях необходимо учитывать наличие у них собственной электродвижущей силы (ЭДС) до 1 В, которая совпадает с полярностью конденсатора. Также наблюдается изменение полярности оксидных конденсаторов с течением времени. Танталовые конденсаторы типа К52-2, К52-5, ЭТО с номинальным напряжением более 15 В при встречном включении допускают работу в цепях переменного тока с частотой до 20 кГц при амплитуде напряжения не более 3 В.

Керамические НЧ конденсаторы (группы «Н» по ТКЕ) применяют в качестве шунтирующих, блокировочных, фильтровых, а также для связи между каскадами на низкой частоте.

Для сохранения настройки колебательных контуров при работе в широком интервале температур необходимо использовать последовательное и параллельное соединение конденсаторов, у которых ТКЕ имеют разные знаки, благодаря чему при изменении температуры частота настройки такого термокомпенсированного контура останется практически неизменной.

Как и любые проводники, конденсаторы обладают некоторой индуктивностью. Она тем больше, чем больше размеры обкладок конденсатора и внутренних соединительных проводников, чем длиннее и тоньше его выводы. На практике для обеспечения работы в широком диапазоне частот блокировочных конденсаторов, у которых обкладки выполнены в виде длинных лент из фольги, свернутых вместе с диэлектриком в рулон круглой или иной формы, параллельно такому бумажному (или оксидному) конденсатору подключают керамический (или слюдяной) небольшой емкости.

3. ИНДУКТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Катушки индуктивности позволяют создавать магнитное поле при прохождении тока через них или запасать электрическую энергию в магнитном поле. В цепях переменного тока катушки и дроссели ведут себя как реактивные резисторы, сопротивление которых растет с увеличением частоты. Применение сердечника приводит к увеличению индуктивности катушки, а с другой стороны дает возможность легко и просто изменять ее индуктивность в определенных пределах. Основное применение катушек индуктивности — различные селективные цепи и сглаживающие фильтры.

3.1. ДРОССЕЛИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ

Дроссель (от нем. dros — сокращать) является реактивным сопротивлением, величина которого зависит от индуктивности и частоты проходящего тока.

Дроссели (как разновидности катушек индуктивности), включая в электрическую цепь, используют для разделения или ограничения сигналов различных частот, для подавления переменной составляющей в цепи постоянного тока.

Дроссели сглаживающих фильтров обычно выполняются с магнитопроводом из трансформаторной стали (при частоте переменного тока до 5 кГц). Для частот переменного тока более 20 кГц дроссели выполняются на Ш-образных, кольцевых и броневых магнитопроводах из пермалоя, феррита и альсифера.

3.1.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Электрические характеристики катушки определяются конструкцией, свойствами материала магнитопровода, его формой и числом витков.

Свойство катушки образовывать магнитно-силовые линии вокруг себя при прохождении тока через ее витки называется **индуктивностью.** Значение этой величины обозначается на дросселе или указывается в нормативной документации и является исходным для отсчета отклонений, измеряется в генри (Гн), миллигенри (1 мГн = 10^{-3} Гн), микрогенри (1 мкГн = 10^{-6} Гн) и наногенри (1 нГн = 10^{-9} Гн). В бытовой радиоэлектронной аппаратуре применяют катушки с индуктивностью от долей микрогенри до единиц генри (1 мГн = 10^{-3} Гн; 1 мкГн = 10^{-6} Гн).

Допустимое отклонение индуктивности зависит от технологии изготовления.

Температурный коэффициент индуктивности (ТКИ) характеризует относительное изменение значения индуктивности при изменении температуры окружающей среды. Зависит от конструкции катушки и применяемого сердечника.

Важным параметром, характеризующим качество катушек, является **добротность,** численно равная отношению индуктивного сопротивления переменному току данной (рабочей) частоты к сопротивлению постоянному току (сопротивлению потерь, которое определяется параметрами обмоточного провода). Добротность катушки влияет на общую добротность контура.

Собственная емкость катушки складывается из межвитковых емкостей обмотки. Поскольку эта емкость является паразитной, катушки и дроссели при изготовлении стремятся делать с минимальной собственной емкостью.

3.1.2. ЦВЕТОВАЯ И КОДОВАЯ МАРКИРОВКА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ДРОССЕЛЕЙ

Маркировка высокочастотных дросселей осуществляется путем нанесения на корпус основных параметров. Ранее при маркировке параметров особого значения сокращениям не придавали, так как изготавливаемые дроссели имели значительные размеры. С изменением технологии и уменьшением габаритов радиоэлектронных компонентов появилась необходимость в уплотнении и сокращении информации, наносимой на корпус.

Обычно для высокочастотных дросселей номинальное значение индуктивности кодируется цифрами, а допускаемое отклонение от указанного номинала — буквами (см. вкладку на с. 82). За рубежом применяются различные виды кодирования. В одном случае маркируется непосредственно в микрогенри (мкГн, μН) — только величина индуктивности. В другом первые две цифры указывают на значение индуктивности в микрогенри (мкГн, μН), а последняя — количество нулей. Допуск указывается следующей за цифрами буквой. При допуске, равном 20%, буква не указывается. Если величина индуктивности меньше 10 микрогенри, то буква «R» выполняет роль десятичной запятой. Может ставиться буква «N» вместо десятичной запятой, если величина индуктивности меньше 1 наногенри.

Цветовая маркировка (см. цветную вкладку 14) наносится на корпус катушки индуктивности в виде трех-четырех колец или точек, в соответствии с рекомендациями МЭК (Международной электротехнической комиссии). Цветные кольца обычно сдвинуты к левой стороне, и кольцо, обозначающее первую цифру номинала, может быть шире, чем остальные. Первые две цветные метки указывают на значение номи-


МАРКИРОВКА ВЧ ДРОССЕЛЕЙ
ДП1
0,6
Максимальный ток
Тип
8
±5
Допуск
Индуктивность, мкГн
1987
Дата изготовления
ДПМ
0,1
Максимальный ток
Тип
240
Индуктивность, мкГн
V8
Дата изготовления
R47, 2N2
Индуктивность
K, J
Допуск
220
Индуктивность,
220 мкГн
330; 082
Индуктивность,
33 мкГн, 0,82 мкГн
V; U
Дата выпуска,
1887 г., 1986 г.
103
Индуктивность
J
Допуск

нальной индуктивности в микрогенри, третья метка определяет множитель, а четвертая — допуск. При допуске, равном 20%, маркировка выполняется тремя полосами (точками).

3.1.3. ЦВЕТОВАЯ И КОДОВАЯ МАРКИРОВКА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

С появлением в обиходе у населения недорогих моделей радиоприемников и магнитол малоизвестных китайских и корейских фирм, а также известных фирм Sony, Panasonic, Aiwa, Sharp приходится сталкиваться с необходимостью их ремонта. Неисправность контурных катушек является одной из частых причин выхода из строя радиоприемного тракта. Обычно моточные изделия крупным производителям аппаратуры поставляются фирмами-спутниками или специализированными производителями (в основном это фирмы Toko, Symita, Kyocera).

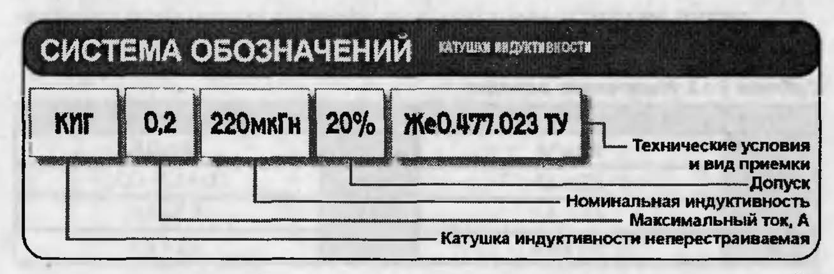
Буквенно-цифровой код на боку экрана указывает на параметры контура либо конструктивные размеры.

Цветовая маркировка катушек контуров радиоприемных устройств (высокочастотных катушек индуктивности) наносится на верхнюю часть ферритовой чашки (см. цветную вкладку 15).

На отечественных катушках индуктивности (КИП) наносится трехзначное число порядкового номера разработки.

3.1.4. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

В основу условных обозначений катушек индуктивностей положен буквенно-цифровой код, которым обозначают тип, значения основных параметров (номинальная величина индуктивности, допуск), конструктивное исполнение и вид упаковки. В последнее время наша промышленность освоила выпуск стандартных катушек с неперестраиваемой (КИГ) и перестраиваемой (КИП) индуктивностью.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид катушки индуктивности.

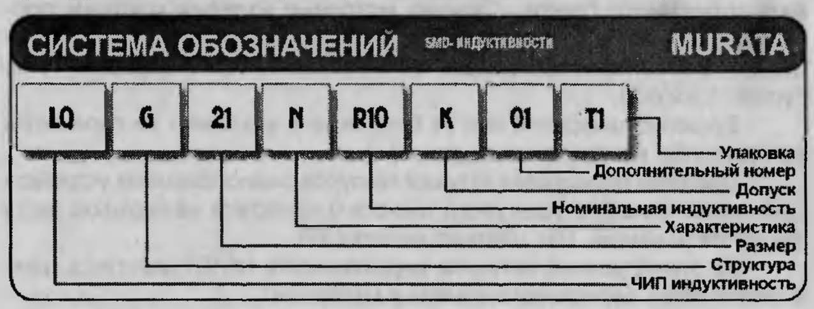
ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает максимально допустимый ток (в амперах).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальную индуктивность катушки и единицу измерения.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допускаемое отклонение индуктивности от номинала.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ предусматривает технические условия и вид приемки.

Из-за малых размеров SMD-катушки индуктивности (дроссели) маркируются трехзначным кодом. Первые две цифры означают величину индуктивности в микрогенри, а третья — количество нулей.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид (серию) SMD-индуктивности фирмы Murata.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает форму или структуру катушек индуктивности (табл. 3.1.1).

Таблица 3.1.1. Структура покрытия

Код	Значение	Код	Значение
H	с покрытием	P	пленочное
N	без покрытия	G	монолитное
S	изолированное		

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает габаритные размеры катушки индуктивности (табл. 3.1.2).

Таблица 3.1.2. Маркировка размера

Код	Значение, мм	Код	Значение, мм
1	3,2 x 1,6	11	1,6 x 0,8
3	3,2 x 2,5	21	2,0 x 1,25 (1,5)
4	4,5 x 3,2	33	3,2 x 3,5
6	5,7 x 5,0	66	6,3 x 6,3

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает характеристику катушки индуктивности (табл. 3.1.3).

Таблица 3.1.3. Характеристика катушек индуктивности

Код	Значение	Код	Значение
N	общего исполнения	A	безкаркасная катушка
C	катушка дросселя	H	катушка высокой добротности

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и букаа) обозначает кодированное значение номинальной индуктивности.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает допускаемое отклонение индуктивности от указанного номинала (табл. 3.1.4).

Таблица 3.1.4. Допускаемое отклонение индуктивности от указанного номинала

Код	Значение	Код	Значение
G	±2%	N	±30%
J	±5%	C	±0,2 пН
K	±10%	D	±0,5 пН
M	±20%		

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает добавочный номер.

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква и цифра) обозначает вид упаковки *(каждый изготовитель устанавливает свои обозначения, обычно **T1** — на пластиковой или бумажной ленте в бобине, **B1** — насыпью в картонной или пластиковой коробке).*

3.2. ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ КАНАЛА ЯРКОСТИ

Линии задержки (ЛЗ) выполняются из элементов с распределенными параметрами (индуктивности и емкости) и представляют собой многозвенный фильтр низких частот.

Сигнал, несущий информацию о цвете объекта изображения, является сдвинутым относительно сигнала, несущего информацию о его яркости. Это обусловлено разницей полосы пропускания каналов цветности и яркости. Поэтому для компенсации запаздывания цветоразностных сигналов в декодирующих устройствах (блоках цветности) относительно яркостного сигнала применяются линии задержки. Для согласования ЛЗ со стороны входа и выхода применяют резисторы с активным сопротивлением, равным волновому. Маркировка линий задержки изображена на вкладке (см. с. 102). Основные параметры приведены в табл. 3.2.1.

Таблица 3.2.1. Основные параметры линий задержки

	Время задержки, мкс	Полоса пропускания, МГц	Волновое сопротивление	Коэффициент передачи, дБ	Неравномерность АЧХ	I_{max}, мА
ЛЗЦТ-0,7-1500	0,7±0,005	5,5	1500±10%	0,7	±1	8
ЛЗЯ-0,33/1000	0,33±0,05	6	1000±10%	0,8	±1	5
ЛЗЯ-11/0,33/1000	0,33±0,05	6	1000±10%	0,8	±1	8
ЛЗЯС-0.33/1000	0,33±0,05	6	1000±10%	0,8	±1	5
ЛЗЯС-0,7/1500	0,7±0,05	5,5	1500±10%	0,8	±1	5
ЛЗЯМ-0,37-900	0,27±10%	6	900±10%	2	2	5
ЛЗЯМ-0,47-1150	0,47±10%	6	1150±10%	2	2	5

3.2.1. СИСТЕМА МАРКИРОВКИ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В соответствии с действующей нормативно-технической документацией в основу условных обозначений линий задержек положен буквенно-цифровой код, которым обозначают тип, значения основных параметров (величина задержки, волновое сопротивление), конструктивное исполнение и вид упаковки.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид (тип) линии задержки (табл. 3.2.2).

Таблица 3.2.2. Расшифровка видов линий задержки

Код	Расшифровка
ЛЗЯ	линия задержки яркостная
ЛЗЯС	линия задержки яркостного сигнала
ЛЗЯМ	линия задержки яркостная малогабаритная

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает время задержки в микросекундах.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает волновое сопротивление в омах (для ЛЗЯ и ЛЗЯС).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ предусматривает технические условия и вид приемки.

3.3. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор — электромагнитное устройство, имеющее не меньше двух индуктивно связанных обмоток и предназначенное для передачи энергии посредством электромагнитной индукции.

Изготавливаемые промышленностью и различными фирмами трансформаторы насчитывают десятки тысяч видов и типоразмеров, количественные и качественные характеристики которых подтверждаются техническими условиями. Трансформатор в зависимости от варианта включения и области применения может иметь разные названия.

У автотрансформаторов передача электрической энергии осуществляется комбинированным путем (электромагнитно-электрическим), так как они не имеют гальванической развязки обмоток.

В источниках электропитания, где необходимо обеспечение гальванической развязки цепей или изменение уровня напряжения, применяются трансформаторы напряжения. В схемах защиты широко используются трансформаторы тока, являющиеся датчиками уровня тока.

Таблица 3.3.1. Виды трансформаторов

Тип	Применяемость трансформаторов
ТС	унифицированные сетевые
ТА	унифицированные анодные
ТН	унифицированные накальные
ТАН	унифицированные анодно-накальные
ТП, ТПП	для питания полупроводниковых приборов
ТОТ, ТОЛ, ТВЛ, ТВТ, ТМ, Т, ТНЧЗ	согласующие
ТИ, ММТИ, ТИМ, ТПИ	импульсные
ТВЗ, ТВС, ТВК	сигнальные выходные

Трансформаторы в зависимости от назначения различаются конструкцией и материалом магнитопровода.

В зависимости от назначения трансформатора в качестве материала магнитопровода применяется электротехническая сталь, пермалой (железоникелевые сплавы, легированные хромом, молибденом, кремнием, медью и другими присадками), магнитомягкие ферриты (никель-цинковые и марганцево-цинковые сплавы) и аморфные магнитные сплавы.

Магнитопровод трансформатора может быть состоящим из нескольких деталей (в этом случае обмотка может быть изготовлена отдельно от магнитопровода, что предпочтительно с технологической точки зрения) или выполнен неразъемным (в виде кольца).

3.3.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Основными параметрами, которые учитываются при выборе трансформаторов для замены при ремонте, являются: номинальная (максимальная) мощность, напряжения и ток нагрузки, рабочая частота, форма и габаритные размеры корпуса.

Рабочая частота трансформатора — один из наиболее важных параметров, определяющих основные характеристики и область применения. Трансформаторы могут быть пониженной частоты (менее 50 Гц), промышленной частоты (50 Гц), повышенной промышленной частоты (400, 1000, 2000 Гц), повышенной частоты (до 10 000 Гц) и высокой частоты (свыше 10 000 Гц).

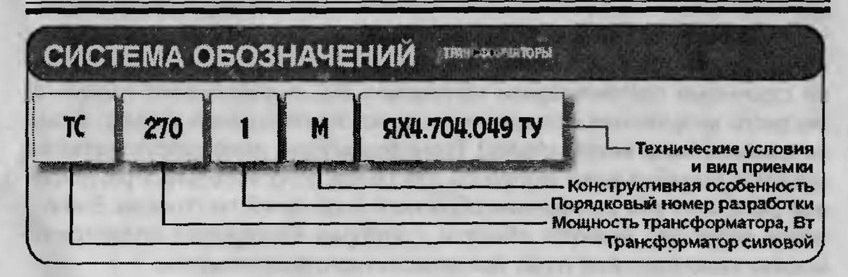
При изготовлении трансформаторов, равно как и других радиотехнических изделий, предъявляются требования к действию комплексных климатических, механических, биологических и других воздействующих факторов. Это отражается в виде климатического исполнения (см. табл. 3.3.2).

Таблица 3.3.2. Виды климатических исполнений

Обозначения			Климатическая характеристика для макроклиматического района
цифр.	лат.	рус.	
0	N	У	с умеренным климатом
1	NF	УХЛ	с умеренным и холодным климатом
2	TH	ТВ	с влажным тропическим климатом
3	TA	ТС	с сухим тропическим климатом
4	T	Т	с сухим и влажным тропическим климатом
5	U	О	для всех, кроме с очень холодным климатом
6	M	М	с умеренно-холодным морским климатом
7	MT	ТМ	с тропическим морским климатом
8	MU	ОМ	с умеренно-холодным и тропическим морским климатом
9	W	В	на суше и на море, кроме с очень холодным климатом

3.3.2. СИСТЕМА МАРКИРОВКИ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В соответствии с действующей нормативно-технической документацией в основу условных обозначений силовых трансформаторов положен буквенно-цифровой код, которым обозначают тип, значения основных параметров (величина мощности) величина первичного и вторичного напряжений и конструктивные особенности.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает трансформатор силовой.

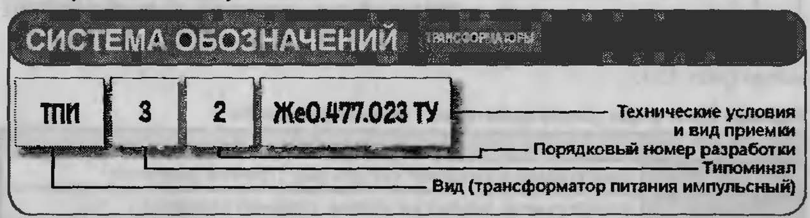
ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает вторичную мощность трансформатора в ватах.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) (необязательный элемент) обозначает порядковый номер разработки.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) (необязательный элемент) обозначает конструктивные особенности.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ предусматривает технические условия и вид приемки.

Для повышения надежности, экономичности, снижения габаритов и массы в современных телевизорах применяют импульсные источники питания. Вместо традиционного силового трансформатора у них применен импульсный.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид импульсного трансформатора (табл. 3.3.3).

Таблица 3.3.3. Виды импульсных трансформаторов

Вид	Расшифровка
ТПИ	трансформатор питания импульсный
ТМС	трансформатор малогабаритный согласующий
ТПВ	трансформатор питания выходной

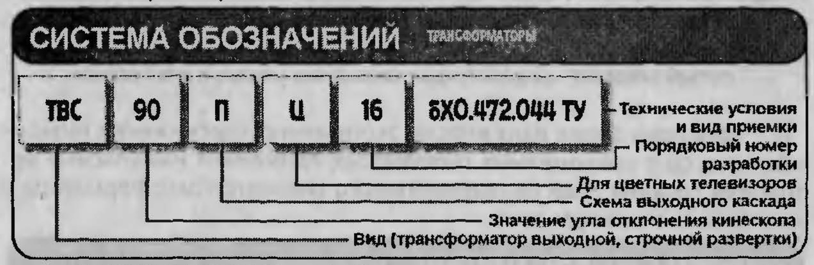
ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает типономинал.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает порядковый номер разработки.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ предусматривает технические условия и вид приемки.

Трансформаторы выходные сигнальные, строчной развертки (ТВС) предназначены для согласования выходных каскадов строчной развертки со строчными отклоняющими катушками. ТВС вырабатывают импульсы высокого напряжения, которые используются для питания второго анода кинескопа (после выпрямления). Трансформаторы, имея дополнительные обмотки, вырабатывают импульсы для цепей дополнительных регулировок (АРУ, АПЧ и Ф) и гашения обратного хода лучей по строкам. В некоторых типах ТВС имеются обмотки, с которых напряжения подаются на накалы кинескопа или ламп высоковольтного выпрямителя.

Более широкое применение в телевизорах и мониторах нашли диодно-каскадные трансформаторы строчной развертки, которые заменяют ТВС и высоковольтный умножитель, облегчая тем самым технологичность сборки и ремонта.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид импульсного строчного трансформатора (табл. 3.3.4).

Таблица 3.3.4. Виды трансформаторов строчной развертки

Вид	Расшифровка
ТВС	трансформатор выходной сигнальный, строчной развертки
ТДКС	трансформатор диодно-каскадный, строчной развертки
ТДС	трансформатор диодный, строчной развертки

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает значения углов отклонения луча кинескопа, в градусах.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает схему выходного каскада строчной развертки (**Л** – ламповая, **П** – полупроводниковая).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква «Ц») обозначает применение в телевизорах цветного изображения.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает порядковый номер поспедовательности разработки.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ предусматривает технические условия и вид приемки.

Таблица 3.3.5. Особенности применения выходных строчных трансформаторов

Вид трансформатора	Отклоняющая система	Ключевой элемент	Демпфирующий элемент	В/В Выпрямитель	Кинескоп
к телевизорам черно-белого изображения					
ТВС-55П45	ОС-55	ГТ905А	Д7Г	КЦ106	8ЛК1Б
ТВС-А, ТВС-Б	ОС-70А	6П13С	6Д14С	1Ц11П	35ЛК2Б, 43ЛК2Б, 43ЛК3Б, 53ЛК2Б
ТВС-70П1 (П2)	ОС-70П4	ГТ905А	Д7Г	КЦ106	16ЛК1Б
ТВС-70АМ	ОС-70П4	6П13С	6Д14С	1Ц11П	40ЛК6Б
ТВС-70П3	ОС-70П4	ГТ905А	Д7Г	КЦ106	16ЛК1Б
ТВС-90П3	ОС-90П3	ГТ905А	Д309	5ГЕ200АФ	23ЛК9Б
ТВС-90П4	ОС-90П4	ГТ906А	КД206А	5ГЕ200АФ	31ЛК4Б
ТВС-110АМ (ЛА, Л6)	ОС-110АМ	6П36С	6Д20П	1Ц21П	61ЛК1Б
ТВС-110Л4	ОС-110Л1	6П44С	6Д20П	ВТ18-02	61ЛК1Б
ТВС-110Л5	ОС-110Л1	6П44С	6Д20П	УН7,5/20-200	61ЛК1Б
ТВС-110П2	ОС-110П2	КТ805	КД243А	7ГЕ360АФ	61ЛК1Б
ТВС-110П3	ОС-110П3	КТ808А	КД226Д	УН9/18-0,3	61ЛК1Б
ТВС-110П4	ОС-110П4	КТ809А	КД226Д	УН6/12-0,15	43ЛК1Б
ТДКС-9	ОС-110.29П28	КТ840А	КД257Д		61ЛК4Б
ТДКС-В (ТДКС-9-1-1)	ОС-90.20.П01/-РМ,	КТ858А	КД257Д		34ЛК1Б
ТДС-12-0,27-02, ТДС-12-0,27-02А	ОС-90П4, ОС-90.20.П78, ОС-90.20.03 КФ, ОС 90.20.П01/РМ, ВС-90.20НЧ00-7В	КТ858А	КД257Д, КД226Д		31ЛК4Б, 31ЛК9Б, 31ЛК11Б, 34ЛК1Б, 34ЛК2Б
ТДС-12-0,27-02, ТДС-12-0,27-02А	ОС-110П4	КТ858А	КД257Д, КД258Д		31ЛК3Б, 31ЛК8Б
к телевизорам цветного изображения					
ТВС-90ЛЦ2 (2-1)	ОС-90ЛЦ2	6П42С	6Д44С	3Ц22С	59ЛК3Ц
ТВС-90ЛЦ5	ОС-90ЛЦ2	6П45С	КЦ109А	УН8,5/25-1,2	59ЛК3Ц
ТВС-90ПЦ10	ОС-90ПЦ10	КТ812А	КД411	УН5,5/16-0,6	32ЛК1Ц
ТВС-90ПЦ11	ОС-90.38ПЦ12	КТ838А	КЦ109А	УН8,5/25-1,2	61ЛК3Ц
ТВС-90ПЦ12	ОС-90.38ПЦ12	КТ838А	КЦ109А	УН8,5/25-1,2	61ЛК3Ц
ТВС-90ПЦ15	ОС-90.29ПЦ17	КТ838А	Е83Г, КД226Д	УН9/27-1,3	51ЛК2Ц
ТВС-90ПЦ16	ОС-90.38ПЦ12	КТ838А	Е83Г, КД226Д	УН9/27-1,3	61ЛК4Ц
ТДКС-4 (19)	ОС-90.29ПЦ32	КТ872, КТ846А, КТВ38А	КД226Д		51ЛК2Ц, 61ЛК4Ц
РЕТ-31		BU508DF	1N4004ID		A51LPE02X01

Особенности применения выходных строчных трансформаторов в телевизионных приемниках цветного и черно-белого изображения приведены в табл. 3.3.5.

3.4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для выбора заменяемой катушки индуктивности при ремонте следует учитывать требуемое значение индуктивности и величину допуска, проходящий через обмотку катушки ток, используемый частотный диапазон, добротность и установочные размеры. В некоторых случаях могут понадобиться дополнительные параметры, такие, как температурный коэффициент индуктивности и активное сопротивление провода катушки.

Иногда требуется выбор конфигурации магнитопровода для катушек индуктивности, трансформаторов и дросселей. Поэтому можно воспользоваться следующими рекомендациями:

— для дросселей, работающих без подмагничивания или с подмагничиванием, но с малым накоплением магнитной энергии, предпочтителен кольцевой магнитопровод;

— броневой магнитопровод лучше кольцевого благодаря возможности создания зазора для дросселей с подмагничиванием (при необходимости накопления магнитной энергии);

— увеличение мощности трансформаторов, использующих кольцевые и прямоугольные магнитопроводы, может быть достигнуто сложением нескольких магнитопроводов (с целью увеличения поперечного сечения);

— поскольку максимальное значение индукции достигается лишь в центральном сечении магнитопровода типа Б, а в остальной части — малое, то он является хорошим магнитным экраном для обмотки катушки, находящейся внутри него (при этом магнитные параметры достаточно высоки, поскольку этот магнитопровод имеет большой запас по объему магнитного материала).

Используя трансформатор на низких напряжениях и при больших токах, необходим провод сравнительно большого сечения. Тогда вместо одного применяют два или более параллельных проводов, намотка которых производится одновременно. В этом случае разъемная конструкция магнитопровода позволяет существенно упростить изготовление обмоток.

4. РЕЗОНАТОРЫ И ФИЛЬТРЫ

Явления, связанные с механическими колебаниями упругой среды, называют акустическими. Резонаторы и фильтры представляют собой структуры резонансного типа, являясь частотно-избирательными устройствами. Принцип действия многих из них основан на использовании пьезоэлектрического эффекта. При совпадении частоты внешнего электрического напряжения с частотой механических собственных колебаний пьезоэлемента возникает резонанс на частоте собственных колебаний, который слабо зависит от внешних условий. Прямой пьезоэлектрический эффект (то есть возникновение электрических зарядов на поверхности кристалла, подвергнутого механической деформации) и обратный (деформация тела под действием электрического поля) всегда сопутствуют друг другу.

4.1. РЕЗОНАТОРЫ

Резонатором называют прибор, настроенный на определенную частоту с очень высокой добротностью и стабильностью настройки, действие которого основано на пьезоэлектрическом (от греч. piezo – давлю) эффекте.

Обычно в резонаторе возбуждаются продольные колебания (объемные акустические волны) по типу сжатие – растяжение. Основным размером, определяющим частоту продольных колебаний резонатора, является длина пластины пьезоэлемента.

В электрической цепи переменного тока на частотах, близких к резонансным, кварцевый резонатор ведет себя как последовательно-параллельный колебательный контур. В резонансном промежутке сопротивление контура носит индуктивный характер, вне резонансного промежутка – емкостной, а на частотах резонанса (частота последовательного резонанса) и антирезонанса (частота параллельного резонанса) – активный. Избирательный характер сопротивления кварцевых резонаторов определил области их применения.

Основным электрическим параметром кварцевых резонаторов является **частота**, вблизи которой изменение импеданса имеет резонансный характер (стандартные значения частот см. в приложении 4).

4.1.1. МАРКИРОВКА РЕЗОНАТОРОВ

Места для нанесения полной классификации на корпусе резонатора не всегда достаточно, поэтому применяют сокращенную либо кодовую маркировку, состоящую обычно из нескольких букв и цифр.


МАРКИРОВКА КВАРЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ
НВ-1(НВ-2)
Кварцевые резонаторы для декодеров цв. телевизоров
9304
Дата изготовления
89
Знак производителя
Год изготовления
ВМ-1(ВМ-2)
Кварцевые резонаторы для систем САР БВГ и САР ВВ видеомагнитофонов
4000кГц
Резонансная частота
РК170
Тип резонатора
9102
Дата изготовления
10700кГц
Резонансная частота
РГ-08
Тип резонатора
5
9102
Дата изготовления
Класс точности
РГ-05
3
Класс точности
Тип
02.85
32,7МГц
Резонансная частота
Дата изготовления
552
Код партии
2-83
Дата иготовления
Цветная точка - отклонение от резонансной частоты 32 кГц

Обладая высокой добротностью, кварцевые и керамические резонаторы нашли широкое применение в генераторах опорных частот для систем кабельного телевидения, тюнеров приемных и передающих устройств, телекоммуникационного оборудования, генераторов цветовых поднесущих частот телевизоров цветного изображения и видеомагнитофонов. Обычно пьезорезонаторы имеют два вывода, но встречаются и трехвыводные пьезорезонаторы серий CSU и CST фирмы Murata (см. вкладки на с. 106).

Специфика изготовления керамических пьезофильтров тесно «привязывается» к конкретному схемотехническому решению конкретного генератора, т. е. к конкретной микросхеме. Поэтому фирмы-изготовители оговаривают в своих технических условиях совместимость конкретных микросхем с определенными типами пьезорезонаторов (табл. 4.1.1).

Таблица 4.1.1. Применяемость керамических резонаторов для ЧМ и АМ стереодекодеров

Серия фильтра	Применяемость	
	Вид модуляции	Совместно с микросхемой
CSB456F14	ЧМ	TA7413AP (Toshiba)
CSB456F15	ЧМ	LA3430 (Sanyo)
CSB456F16	ЧМ	TA8122AN (Toshiba)
CSB456F18	ЧМ	TA8132AN (Toshiba)
CSB456F23	ЧМ	LA1886 (Sanyo)
CSB912JF101	ЧМ	AN7291 (Matsushita)
CSA3,60MGF102	АМ	MC13020P (Motorola)
CSA3,60MGF103	АМ	MC13022P (Motorola)
CSA3,60MGF226	АМ	TA8124P (Toshiba)
CSA3,60MGF228	АМ	TA2040P (Toshiba)

По виду записи частоты резонатора можно судить, на какой гармонике происходит возбуждение данного резонатора. Дробное число с десятичной запятой указывает, что возбуждение резонатора осуществляется на первой гармонике (на основной частоте резонатора).

На миниатюрных корпусах серий SMLB, HC-49U, HFX, NTFE (Philips, BC), серии KF фирмы AVX и других местах для нанесения полной классификации недостаточно, поэтому применяют сокращенную маркировку, состоящую из значения резонансной частоты (или внутрифирменный классификационный код, состоящий из букв и цифр).

На металлических корпусах фирмы Philips, BC, Sunny, Siemens обычно наносится название фирмы или товарный знак, частота и код серии или внутрифирменный классификационный номер, указывающий на конструктивные и электрические параметры.

Маркировка керамического резонатора **U455P** фирмы Murata расшифровывается как сокращение **U** — от названия серии CSU; **455** — численное значение частоты резонанса, в кГц; а символ **P** указывает на допуск в кГц.

Керамический резонатор **R2,0M** фирмы AVX расшифровывается как сокращение **R** — от названия серии KBR (**K**yocera **B**ulk **R**esonator); **2,0** — численное значение частоты резонанса, в МГц; а символ **M** указывает на стиль конструкции.

4.1.2. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Условное обозначение, как правило, используется для заказа у производителя или в представительстве отдельных экземпляров резонаторов либо партии для производства или ремонта.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид («РК» — резонатор кварцевый).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает регистрационный номер типа резонатора.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает тип корпуса (см. приложение 2).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает класс точности настройки (см. табл. 4.1.2).

Таблица 4.1.2. Обозначение классов точности настройки

Точность настройки, •10(-6)	±0,5	±1	±3	±5	±10	±15
Класс точности	1	2	3	4	5	6
Точность настройки, •10(-6)	±20	±30	±50	±75	±100	
Класс точности	7	8	9	10	11	12

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает интервал рабочих температур (см. табл. 4.1.3).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает относительное изменение частоты в интервале рабочих температур (табл. 4.1.4).

Таблица 4.1.3. Буквенное обозначение интервала рабочих температур

Диапазон температур, °С	-10 ... +60	-30 ... +60	-40 ... +70	-60 ... +85	-60 ... +100
Буквенный код	А	Б	В	Д	Е
Диапазон температур, °С	+55 ... +65	+65 ... +75	+75 ... +85	0 ... +45	
Буквенный код	Ж	И	К	Л	М

Таблица 4.1.4. Буквенное обозначение относительного изменения частоты

Относительное изменение частоты, $\cdot 10^{-6}$	±0,1	±1,5	±2	±3	±5	±7,5	±10
Буквенный код	А	Д	Е	И	К	Л	М
Относительное изменение частоты, $\cdot 10^{-6}$	±15	±20	±25	±30	±40	±50	
Буквенный код	Н	П	Р	С	Т	У	

. ***СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буква)*** обозначает значение частоты кварцевого резонатора и единицу измерения («К» — в килогерцах, «М» — в мегагерцах).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает климатическое исполнение резонатора («В» — всеклиматическое исполнение).

Зарубежными производителями в обозначении резонаторов применяется обычно собственная маркировка, в которой прослеживается сходство с рассмотренной выше. Например, обозначения кварцевых резонаторов фирмы Narva следующие:



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает функциональное назначение элемента (табл. 4.1.5).

Таблица 4.1.5. Функциональное назначение резонаторов

Код	Значение	Код	Значение
Q	кварцевый резонатор	С	керамический фильтр

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает вид колебаний прибора (табл. 4.1.6).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает типа подключения (табл. 4.1.7).

Таблица 4.1.6. Вид колебаний резонаторв

Код	Значение	Код	Значение
B	изгибные колебания	F	плоские колебания
L	продольные колебания	D	поперечные колебания

Таблица 4.1.7. Тип подключения резонатора

Код	Значение	Код	Значение
S	штыревое, штекерное подключение	L	подключение пайкой

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает рабочую температуру или диапазон рабочих температур (табл. 4.1.8).

Таблица 4.1.8. Диапазон рабочих температур резонатора

Код	1	2	3	4	5	6	7	8
Значение, °C	-55...+90	-20...+70	0...+60	75 ±3	70 ±3	60 ±3	50 ±3	+2...+25

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает допуск на отклонение частоты (табл. 4.1.9).

Таблица 4.1.9. Допуски на отклонение частоты резонатора

Код	A	B	C	D	E	F	G
Значение, $\cdot 10^{-6}$	±200	±100	±75	±50	±30	±20	±10

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает емкость нагрузки при настройке на параллельный резонанс (табл. 4.1.10) и буквы для обозначения кварцев, предназначенных для настройки на последовательный резонанс (табл. 4.1.11).

Таблица 4.1.10. Код емкости нагрузки резонатора

Код	3	5	15	20	25	30
Значение, пФ	30	50	100	200	250	300

Таблица 4.1.11. Код

Код	Значение
F	кварц, предназначенный для установки в качестве фильтра
S	стабилизирующий кварц

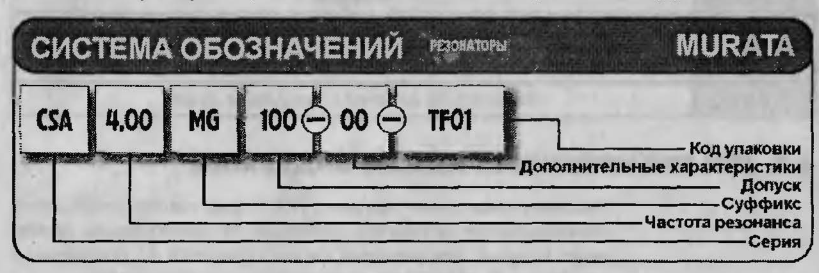
СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ номер стандарта (табл. 4.1.12).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ численное значение частоты резонанса.

Таблица 4.1.12. Стандарты изготовления кварцевых резонаторов

Стандарт	Значение
TGL 11767	кварц, совершающий плоские колебания, 200 – 400 кГц, в металлическом корпусе
TGL 11769	кварц, совершающий поперечные колебания, 1000 – 3000 кГц, в металлическом корпусе
TGL 11770	кварц, совершающий поперечные колебания, 8 – 20 МГц, в металлическом корпусе
TGL 11771	кварц, совершающий поперечные колебания, 20 – 100 МГц, в металлическом корпусе

Система обозначений керамических резонаторов, применяемая фирмами Murata и AVX, более упрощена. В ней оговариваются лишь основные критерии (резонансная частота, допуск и конструкция).



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает серию керамических резонаторов (табл. 4.1.13).

Таблица 4.1.13. Классификация серий керамических резонаторов

Серия	Особенности
CSB	двухвыводные килогерцевого диапазона (190 – 1250 кГц)
CSA	двухвыводные мегагерцевого диапазона (1,26 – 60,0 МГц)
CSU	трехвыводные килогерцевого диапазона со встроенным конденсатором (450 – 500 кГц)
CST	трехвыводные мегагерцевого диапазона со встроенным конденсатором (1,8 – 60,0 МГц)
CSBF	SMD Двухвыводные (430 – 1250 кГц)
CSAC	SMD Двухвыводные (1,8 – 6,0 МГц)
CSACS	SMD Двухвыводные (6,0 – 60 МГц)
CSACV	SMD Двухвыводные (8,0 – 60 МГц)
CSTC	SMD трехвыводные со встроенным конденсатором (2,0 – 3,5 МГц)
CSTCC	SMD трехвыводные со встроенным конденсатором (3,51 – 8,0 МГц)
CSTCS	SMD трехвыводные со встроенным конденсатором (8,01 – 60 МГц)
CSTCV	SMD трехвыводные со встроенным конденсатором (8 – 60 МГц)

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает частоту керамических резонаторов.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает тип, который идентифицирует способ колебаний.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает допустимые отклонения частоты резонаторов (табл. 4.1.14).

Таблица 4.1.14. Допускаемые отклонения частоты резонатора

Код	0 (-)	1 (100)	2	4	8 (800)
Допуск, %	±0,5	±0,3	±0,2	±0,1	±1

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает вид упаковки (табл. 4.1.15).

Таблица 4.1.15. Код упаковки резонаторов

Код	Вид упаковки
CA01	В кассете
TC01	Закрепление на ленте с укладкой в короб
TC	Закрепление на ленте
TF01	Закрепление на ленте с укладкой в рулон

4.2. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

Ультразвуковая линия задержки (УЛЗ) представляет собой электромеханическое устройство, состоящее из звукопровода, пройдя через который электрический сигнал сдвигается по отношению к исходному на время прохождения волны по звукопроводу.

В зависимости от примененного материала ультразвуковые линии задержки могут быть с металлическим или стеклянным звукопроводом. УЛЗ с металлическим звукопроводом обладают большим разбросом параметров, требуют применения настраиваемых фильтров на входе и на выходе. В настоящее время в бытовой РЭА применяют ультразвуковые линии задержки только со стеклянным звукопроводом. УЛЗ используют для задержки яркостного и сигнала цветности в телевизионных приемниках.

4.2.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Фазовое **время задержки** определяется на частоте 4,433619 МГц, и для телевизионных приемников оно составляет 63,943 ±0,005 мкс.

Граничные частоты на уровне минус 3 дБ от максимума АЧХ обычно составляют на верхнем пределе 5,3 МГц и на нижнем соответственно 3,3 МГц.

Затухание основного сигнала на частоте 4,4 МГц для разных линий задержки составляет от 6 до 14 дБ.

Неравномерность АЧХ в диапазоне частот 3,9 — 4,75 МГц обычно колеблется от 1,0 до 1,5 дБ.

4.2.2. БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА

Обычно на корпусе отечественных ультразвуковых линий задержки указывается время задержки, которое обеспечивает данное устройство и его тип.

Для обозначения ультразвуковых линий задержки зарубежные фирмы применяют собственную маркировку. Фирма Philips, например, обозначает буквами **DL**2 (delay lines) и двумя-тремя цифрами, указывающими на порядковый номер разработки.

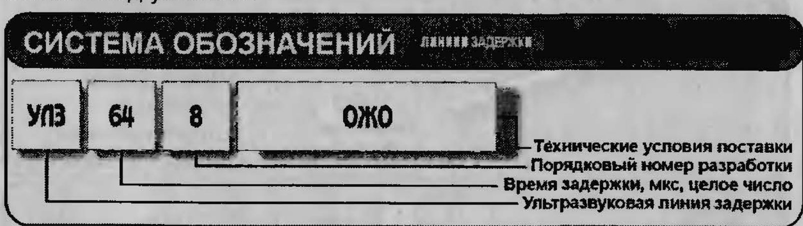
Маркировка ультразвуковой линии задержки **DL ED45A91S** фирмы Siemens расшифровывается как сокращение **DL** от названия «delay lines» (линия задержки); **ED645** — указывает на серию, а символы **A91S** означают типовые отличия в серии.

На ультразвуковой линии задержки **DL 711** фирмы Philips маркируется код серии и внутрифирменный классификационный номер, указывающий на конструктивные и электрические параметры.

Если места для нанесения полной классификации недостаточно, применяют сокращенную маркировку, состоящую из буквенно-цифрового кода (см. вкладку на с. 102).

4.2.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

В соответствии с действующей нормативно-технической документацией в основу условных обозначений ультразвуковых линий задержек положен буквенно-цифровой код, которым обозначают тип, значения основных параметров (величина задержки), конструктивное исполнение и вид упаковки.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вид (ультразвуковая линия задержки).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает время задержки в микросекундах.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает порядковый номер разработки.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ предусматривает технические условия и вид приемки.


МАРКИРОВКА ЛИНИЙ ЗАДЕРЖКИ
DL711
0,6
Время задержки
Тип
8
±5
Допуск
Индуктивность, мкГн
1987
Дата изготовления
Изготовитель
Ультразвуковая линия задержки
УЛЗ
64
Время задержки, мс
8
Номер разработки
ЛЗЯМ
0,47
Время задержки
Линия задержки
Изготовитель
1150
9103
Дата изготовления
Индуктивность, мкГн
СК-12
Код приемки
Изготовитель
Время задержки, мс
047
В12
Код дополнительных параметров
202 19
Код производителя
ЛЗЯС
0,33
Время задержки
Тип
Изготовитель
1000
Волновое сопротивление
8708
Дата изготовления
Изготовитель
Ультразвуковая линия задержки
УЛЗ
128
Время задержки, мс
2А
Номер разработки

В табл. 4.2.1 прослеживается последовательность разработанных промышленностью ультразвуковых линий задержки и их применяемость.

Таблица 4.2.1. Основные конструкционные данные и применяемость

Тип УЛЗ	Габариты, мм	Применяемость
УЛЗ-64-2	50 x 45 x 18	УЛПЦТ-61-II, УЛПЦТИ-61-II, ПИЦТ-32-IV
УЛЗ-64-4	48 x 40 x 7,5	УПИМЦТ-61-С-II, УПИЦТ-32-IV, 4УПИЦТ-51
УЛЗ-64-5	46 x 36 x 8	2УСЦТ-51/61, 3УСЦТ-51/61/67, 1УПЦТ-32-1
УЛЗ-64-8А	37 x 28 x 7,5	4УСЦТ-51/61/67-1

В табл. 4.2.2 для сравнения, даны параметры некоторых широко распространенных ультразвуковых линий задержки.

Таблица 4.2.2. Параметры некоторых линий задержки

Тип линии задержки	Система цветного телевидения	Fср, МГц (Fmin–Fmax)	Время задержки, в мкс (по ур.-3дБ)	Затухание ложного канала, дБ	Rвх./ Rвых, Ом	Lвх/Lвых, мкГн
УЛЗ-64-2	SECAM (CTV)	4,433619 (3,9 – 4,75)	63943 ±30	-26	51/51	1,5/1,5
УЛЗ-64-4	SECAM (CTV)	4,433619 (3,9 – 4,75)	63943 ±30	-26	43/240	2,0/1,8
УЛЗ-64-5	SECAM (CTV)	4,433619 (3,9 – 4,75)	63943 ±30	-26	390/390	4,3/8,3
УЛЗ-64-8А	SECAM (CTV)	4,433619 (3,9 – 4,75)	63943 +-5	-33 (-28)	390/390	8,2/8,2
DL63	PAL-Brazil (CTV)	3,575611 (2,8 – 4,5)	63486 ±5	-30	560	18
DL680	PAL (VLP)	7,500000 (5,5 – 8,5)	64400 ±50	-30	150	36/24
DL701	PAL-Europe (CTV/VCR)	4,433619 (3,43 – 5,23)	63943 ±5	-33	390	10
DL703	PAL-Europe (VCR)	4,433619 (3,03 – 5,43)	63935 ±5	-26	390	18
DL711	PAL-SECAM (CTV)	4,433619 (3,43 – 5,23)	63943 ±5	-33	390	10
DL720	PAL-Argent. (CTV)	3,582056 (2,8 – 4,5)	63929 ±5	-28	560	18
DL722	PAL-Argent. (CTV)	3,582056 (2,8 – 4,5)	64069 ±5	-28	390	10
DL750	NTSC (CTV/VCR)	3,579545 (2,8 – 4,5)	63555 ±5	-28	560	18
DL872 (CF873)	PAL-Europe (VCR comb)	4,433619 (3,93 – 4,93)	128	-23	560	18

4.3. ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Пьезоэлектрический фильтр (ПЭФ) представляет собой механическую колебательную систему с распределенными параметрами, имеющую в своем составе один или более пьезоэлектрических резонаторов или вибраторов и служит для выделения или подавления определенного спектра колебаний.

В качестве элементов частотной селекции вместо традиционных катушек индуктивности все чаще используются пьезоэлектрические фильтры. Механическая прочность и малые габариты их способствовали широкому применению в бытовой РЭА. Основное назначение фильтров состоит в том, чтобы обеспечить передачу сигналов в рабочем диапазоне частот и исключить прохождение сигналов, не входящих в этот диапазон. По своей функции пьезоэлектрические фильтры бывают полосно-пропускающие (полосовые), которые пропускают только сигналы заданного диапазона частот или полосно-заграждающие (режекторные или фильтр «пробка»), которые подавляют только сигналы определенного диапазона частот (сигналы с более низкими и более высокими частотами пропускают).

На принципиальных схемах тюнеров зарубежных радиоприемных устройств типы различных фильтров обозначают сокращенно. Полосовой фильтр для ПЧ ЧМ тракта (10,7 МГц) имеет сокращение E10,7M; фильтр дискриминатора для ПЧ ЧМ тракта – D10,7M; S455K – полосовой фильтр для ПЧ АМ тракта (455 кГц) и B450k – детектор сигнала для ПЧ АМ тракта.

При подборе полосовых фильтров для замены в радиоприемных устройствах следует учитывать, что фильтр при стереофоническом приеме должен иметь полосу пропускания (на уровне -6 дБ) 240 – 260 кГц и 210 кГц при монофоническом. Кроме того, специфика изготовления фильтров тесно «привязана» к конкретному схемотехническому решению радиотракта, т. е. к конкретной микросхеме. Поэтому фирмы-изготовители оговаривают в своих технических условиях совместимость конкретных микросхем с определенными типами пьезофильтров (табл. 4.3.1).

Таблица 4.3.1. Рекомендации по применению фильтров в ЧМ детекторах

Серия фильтра (производитель)	Применяемость	
	Совместно с микросхемой (производитель)	Метод детектирования
CDA10,7MA-Z (Murata)	HA1137W (Hitachi), LA1265 (Sanyo)	квадратурный
CDA10,7MC-Z (Murata)	CXA1019M, CX-20091 (Sony), MC3356P (Motorola), LA7770 (Sanyo), BA1440 (Rohm)	
CDA10,7MG-Z (Murata)	CX20029, CX20111 (Sony), TA8122AN (Toshiba), LA1816 (Sanyo)	
CDA10,7MG-Z (Murata)	TA7303P (Toshiba)	детектор отношений

Продолжение табл. 4.3.1

Серия фильтра (производитель)	Применяемость	
	Совместно с микросхемой (производитель)	Метод детектирования
FCD1070MA_U (TDK)	CX20029 (Sony)	квадратурный
FCD1070MA_URL (TDK)	LA1832 (Sanyo)	
FCD1070MA_UK2L (TDK)	LA1833 (Sanyo)	
FCD1070MA_UK4L (TDK)	LA1838 (Sanyo)	
FCD1070MA_UK5L (TDK)	LA1822 (Sanyo)	
FCD1070MA_UDL (TDK)	TA8122 (Toshiba)	
FCD1070MA_UEL (TDK)	TA8132 (Toshiba)	
FCD1070MA_UYL (TDK)	TA2008 (Toshiba)	
FCD1070MA_UY2L (TDK)	TA2011 (Toshiba)	
FCD1070MA_UP2L (TDK)	MC13156 (Motorola)	
CDF107F-AE-022 (TOKO)	TA2011F (Toshiba)	
CDA4,5MC_ (Murata)	μPC1382C, μPC1391H μPC1411CA, μPC1416G (NEC), M51316P, M51365SP, M51348FP (Motorola), LA7520, LA7530 (Sanyo)	
CDSH4,5MC_B/K (Murata)		квадратурный (расширенный диапазон)
CDSL4,5MC_B (Murata)		
CDA4,5ME_ (Murata)	CX-20014 (Sony), AN5135 (Matsushita), M51346P, M51346BP, M51496P (Motorola), TBA129, TDA2556 (Signetics), LA7550, LA7577, LA7650 (Sanyo)	квадратурный
CDSH4,5ME_K (Murata)		квадратурный (расширенный диапазон)
CDSL4,5ME_B (Murata)		

Керамические фильтры ФП1П-022 – ФП1П-049 (ФП1П8 и ФП1Р8) отечественного производства и двух-трехвыводные зарубежного (типа SFE, SDA) являются симметричными, т. е. вход и выход у них эквивалентны.

4.3.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

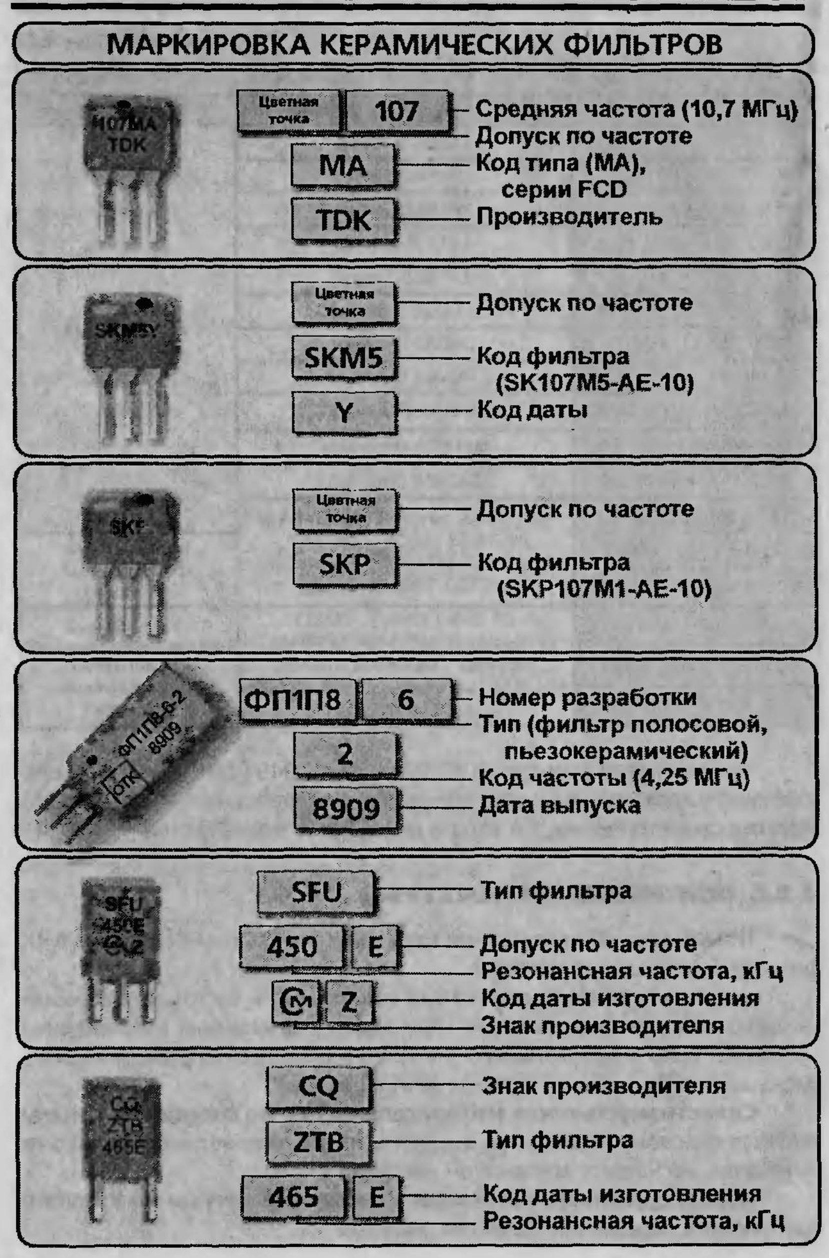
Номинальной является **частота** с максимальным подъемом АЧХ фильтра (центральная частота).

Ширина **полосы пропускания** есть разность частот, при которых выходное напряжение фильтра (при заданном входном напряжении) составляет 0,707 максимального значения выходного напряжения (Uвых уменьшается на 3 дБ) на склонах АЧХ фильтра.

Селективностью или избирательностью по соседнему каналу является способность фильтра выделять из всех подводимых только те колебания, на частоту которых он настроен.

Неравномерность затухания и **вносимое затухание** в полосе пропускания определяют качество фильтра.

МАРКИРОВКА КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ



Для нормальной работы фильтра в схеме необходимо согласование предыдущих и последующих за фильтром каскадов, учитывая **входное и выходное сопротивления** пьезокерамического фильтра.

4.3.2. МАРКИРОВКА ФИЛЬТРОВ

В системах кабельного телевидения, мультисистемных телевизионных приемниках и видеомагнитофонах, тюнерах радиоприемных устройств (частотных диапазонов 10,64–10,76 МГц, 450–465 кГц) вместо контуров фильтров сосредоточенной селекции (ФСС) и контуров детектора ЧМ сигналов могут применяться полосовые и опорные дискриминаторные пьезофильтры, имеющие **два** вывода (серии SFE, CDA и TPS и др.) или **три** вывода (кроме SFT4,5–6,5MA, имеющие **четыре** вывода), основных фирм производителей пьезоэлементов, таких, как Murata, TDK и TOKO. Фильтры, маркировка которых начинается с букв: **SFE, E** (трехвыводные) — полосовые фильтры; **T** (четырехвыводной) — полосовой (высокоселективный) фильтры; **T, W** (трехвыводные) — режекторные фильтры; **D** (двухвыводные) — опорные фильтры; **CDA** (трехвыводные) — опорные фильтры (используются вместо узкополосных контуров, кварцевых резонаторов).

Если места для нанесения полной классификации недостаточно, применяют сокращенную маркировку на приборах, состоящую из букв и цифр.

Маркировка фильтра **D10,7G** фирмы Murata расшифровывается как сокращение **D** — от названия серии CDA (**C**eramic **D**iscriminators for **A**udio), т. е. фильтр опорный дискриминатора; **10,7** — численное значение центральной частоты фильтра, в МГц; а символ **G** является сокращением от названия индекса **MG**, который определяет характеристику фильтра (табл. 4.3.2).

Фильтры дискриминатора фирмы TOKO выпускаются в двухвыводном исполнении, на корпусе которых кодовая маркировка начинается с буквы **S**, а сверху наносится цветная точка (табл. 4.3.11 и цветную вкладку 16). Полное название фильтра **CDF107F-AE-022.** Его рекомендуется применять совместно с микросхемой TA20011F (Toshiba). Полосовые фильтры имеют на корпусе маркировку **«SKM1» (SKM2 – SKM5)** или **SKP.** Сверху также нанесена цветная точка, имеющая то же значение.

Фильтры дискриминаторов фирмы TDK имеют на корпусе маркировку **D107M TDK.** Сверху нанесена цветная точка, обозначающая рабочую частоту с максимальным подъемом АЧХ и возможные отклонения.

Полосовые фильтры могут иметь на корпусе маркировку **107MA TDK.** Сверху также нанесена цветная точка, имеющая то же значение.

Таблица 4.3.2. Расшифровка значения индекса типа

Индекс типа	Буквенный код	Полоса пропускания, кГц	Вносимое затухание, дБ	Область применения
MA5 (8)	A	280 ±50	6 ±2	общего применения
MS2	S	230 ±40	6 ±2	
MS3	S	180 ±40	8 ±2	
MJ	J	150 ±40	4,5 ±2	
MA19	A	350	3 ±2	для приемников DBS
MA20-A	A	330 ±50	4 ±2	
MHY-A	HY-A	110 ±30	7 ±2	
MT	T	±25	6,5 ±2,5	узкополосные
MV	V	±13	6 ±2	
MFP	FP	±20	6	
MX	X	250 ±40	12	для тюнеров
MX2	X	220 ±40	12,5	
MZ1	Z	180 ±30	14	
MZ2	Z	150 ±30	14	
ML	L	280 ±50	9	
MP3	P	250 ±40	10	
MM	M	230 ±50	11	

В мультисистемных телевизорах и видеомагнитофонах нашли применение фильтры с **двойной** или **тройной режекцией**. Такие фильтры в своей полосе пропускания имеют две или три частоты завала характеристики (частоты режекции). На корпусе таких фильтров наносится код маркировки серии, расшифровка которого приведена в табл. 4.3.3 и 4.3.4.

Таблица 4.3.3. Расшифровка фильтров с двойной режекцией

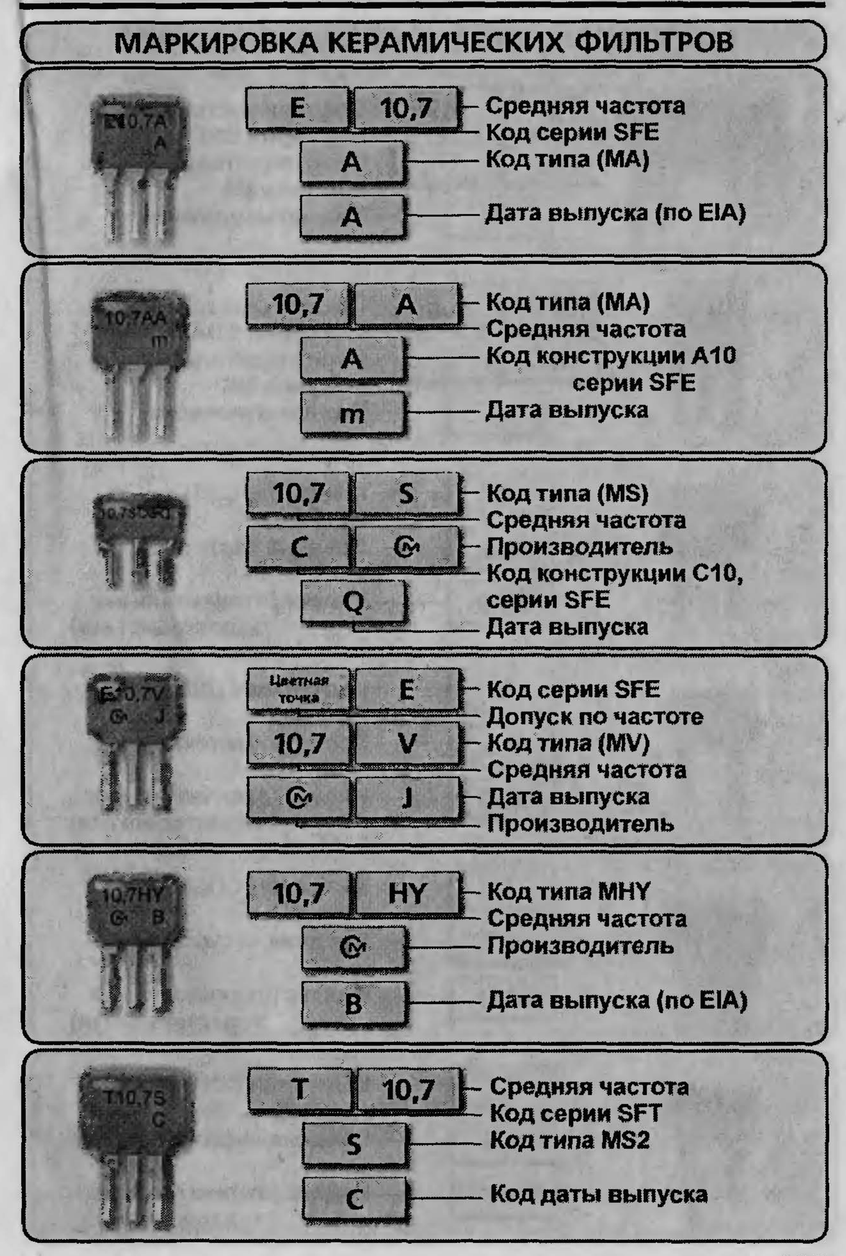
Код фильтра	TPWA01B	TPWA02B	TPWA03B	TPWA04B	TPWA05B	TPWA06B
Частоты режекции	6,0 – 6,5	5,5 – 6,5	5,5 – 6,0	5,5 – 5,74	4,5 – 6,0	4,5 – 4,72

Таблица 4.3.4. Расшифровка фильтров с тройной режекцией

Код фильтра	TPT01B	TPT02B
Частоты режекции	5,5 – 6,0 – 6,5	5,5 – 5,74 – 6,5

Все трехвыводные режекторные фильтры в своей маркировке начинаются с буквы **Т**, а далее значение частоты режекции и код дополнительных параметров. Исключение составляют четырехвыводные полосовые фильтры (серия SFT). У полосовых фильтров для ПЧ ЧМ и АМ маркировка (ФП1П) параметров осуществляется цветными точками, либо цветом корпуса (см. цветные вкладки 16, 17).

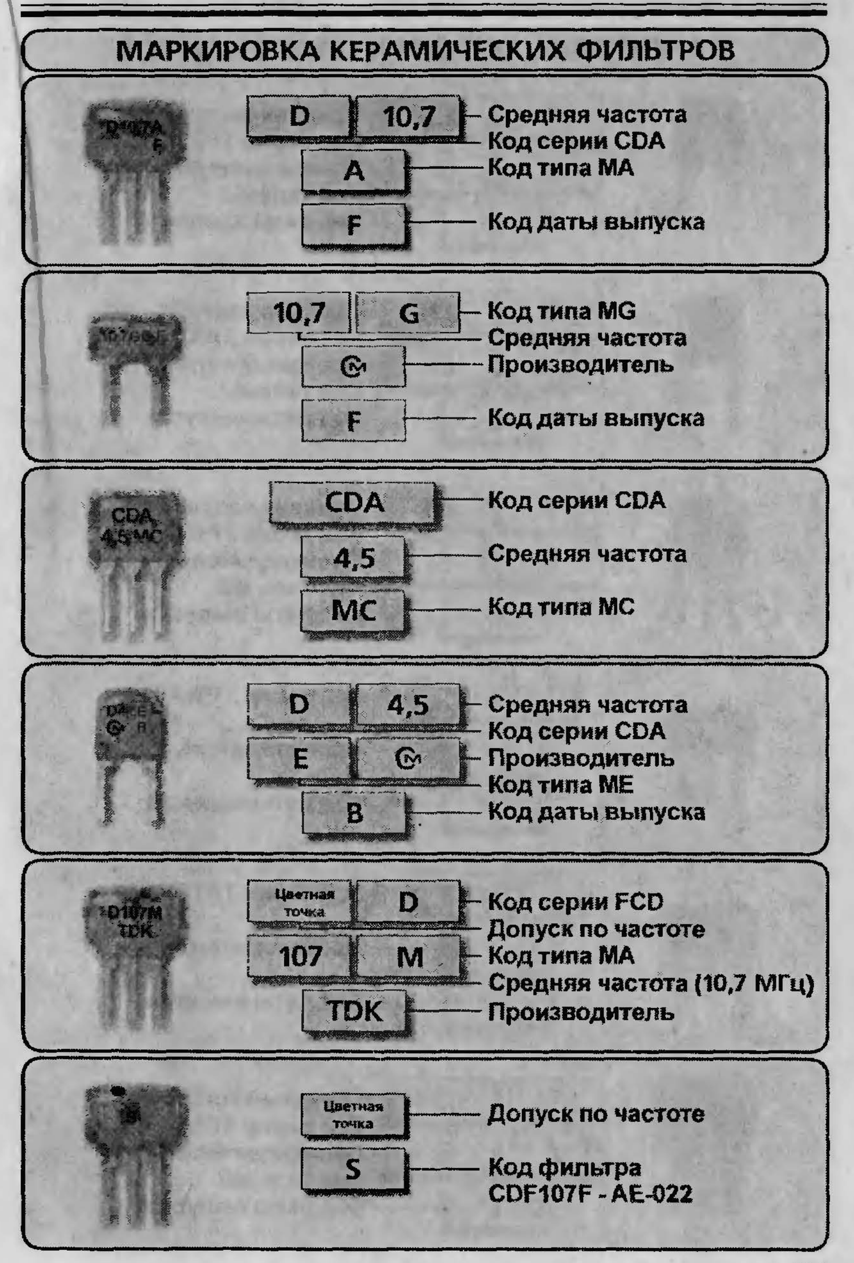
МАРКИРОВКА КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ



МАРКИРОВКА КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ



МАРКИРОВКА КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ



МАРКИРОВКА КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ



Фильтры ФП1П8-62 предназначены для формирования АЧХ усилителя ПЧ звука телевизионных приемников (см. вкладку на с. 117).

Фильтры ФП1Р8-63 предназначены для подавления промежуточной частоты звука в канале яркости и цветности. Типономинал керамических фильтров обозначают нанесением цветной точки — одной (двух) — или полосок в верхнем левом или в противоположных верхних углах (см. цветную вкладку 18).

4.3.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Условное обозначение пьезофильтров, которое необходимо указывать при заказе у производителя либо дистрибьютора, включает в себя следующие элементы:



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы «ФП») обозначает фильтр пьезоэлектрический.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает материал пьезоэлемента (табл. 4.3.5).

Таблица 4.3.5. Цифровой код материала пьезоэлемента

Код	1	2	3
материал	керамика	кварц	пьезокристаллы, отличные от кварца и керамики

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает функцию фильтра (табл. 4.3.6).

Таблица 4.3.6. Буквенный код функционального назначения

Код	Назначение	Код	Назначение
П	полосовой	Г	гребенчатый
Р	режекторный	О	одной боковой полосы
Д	дискриминаторный		

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает конструктивно-технологическое исполнение фильтра (табл. 4.3.7).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает регистрационный номер разработки.

Таблица 4.3.7. Цифровой код конструктивного исполнения

Код	Конструкция	Код	Конструкция
1	дискретные	6	интегральные однослойные
2	гибритные однослойные	7	интегральные пьезомеханические
3	гибритные пьезомеханические	8	интегральные монолитные
4	гибритные монолитные	9	интегральные на ПАВ
5	гибритные прочие	10	интегральные прочие

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальную частоту и единицу измерения частоты.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает ширину полосы пропускания (задерживания) в герцах (килогерцах) или код (табл. 4.3.8).

Таблица 4.3.8. Цифровой код полосы пропускания

Код	1	2	3	4	5
Полоса	узкополосные (до 0,05%)	узкополосные (0,05 – 0,2%)	широко-полосные (0,2 – 0,4%)	широко-полосные (0,4 – 0,8%)	широко-полосные (свыше 0,8%)

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) характеризует условия эксплуатации (табл. 4.3.9).

Таблица 4.3.9. Условия эксплуатации

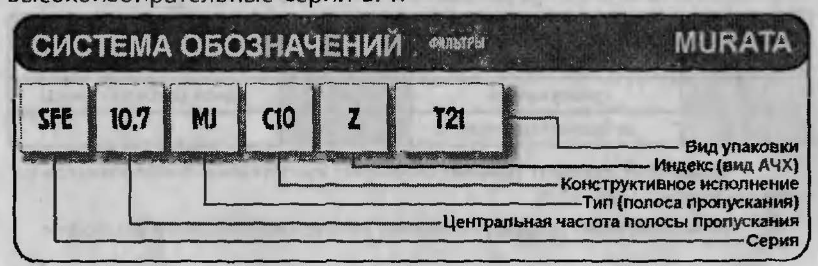
Код	В	Т	М
Значение	всеклиматическое	тропическое	морское

ДЕВЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) указывает на интервал рабочих температур (табл. 4.3.10).

Таблица 4.3.10. Буквенный код интервала рабочих температур

Код	А	Б	В	Д	Е	Ж
Значение, °С	+1 ... +55	-10 ... +60	-40 ... +70	-40 ... +85	-60 ... +85	-80 ... +100

Полосовые фильтры (широко и узкополосные) SFE и SFT фирмы MURATA классифицируются на фильтры с малыми потерями (SFE серии A10), уменьшенной высоты корпуса (SFE серии C10), высокоизбирательные серии SFT.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) определяет функциональное обозначение фильтра (полосовой, режекторный или дискриминатора).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает среднюю несущую частоту.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает полосу пропускания (см. табл. 4.3.2).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает конструктивное исполнение. Идентификатор **H** в конце полного наименования фильтра может означать допуск ±25 кГц (SFE10,7MS2**H**-Z), тогда как идентификатор **K** — соответствует допуску ±20 кГц (SFE10,7MS2**K**-A), **A10** — с малыми потерями (SFE10,7MA5**A10**-Z), а **C10** — уменьшенной высоты корпуса (SFE10,7MJ**C10**-Z).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает отклонение от центральной частоты или вид частотной характеристики. Полосовые фильтры имеющие суффикс **A (B...E)** в конце полного наименования фильтра (SFE10,7MA20-**A**) имеют на корпусе цветовую кодировку о центральной частоте (табл. 4.3.11), а суффикс **Z** в конце полного наименования фильтра (SFE10,7MJC10-**Z**) — обозначает вид частотной характеристики. Если перед суффиксом имеется буква **H**, то такие фильтры имеют допуск ±25 кГц или ±30 кГц без нее.

Таблица 4.3.11. Цветовая маркировка центральной частоты фильтра

Цветная точка	Буквенный код	Частота, МГц при допуске ±30 кГц	Частота, МГц при допуске ±25 кГц
Черная	D	10,64	10,650
Синяя	B	10,67	10,675
Красная	A	10,70	10,700
Оранжевая	C	10,73	10,725
Белая	E	10,76	10,750

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает вид упаковки (T20, T21).

4.4. ФИЛЬТРЫ ПЬЕЗОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ НА ПАВ

Работа фильтров на поверхностно-акустических волнах (ПАВ) основана на явлении избирательного приема и передачи акустических волн бегущих вдоль поверхности пьезоэлектрической подложки. По сравнению с LC-фильтрами они имеют более плоскую вершину АЧХ, большую крутизну скатов АЧХ на границе полосы пропускания, стабильность и точность. Частотная характеристика фильтра на ПАВ получается путем суммирования частотных характеристик входного и выходного встречно-штыревых преобразователей (две системы электродов различной длины, нанесенные на поверхность пьезокристалла методом вакуумного напыления). Фильтры на ПАВ не требуют настройки и заменяют фильтры сосредоточенной селекции, содержащие от 9 до 13 точек настроек.

Узкополосные фильтры используются для очищения спектра гармоник в селекторах синтезаторов и блоках формирования опорных частот. Остальные фильтры используются для канальной или групповой

селекции сигналов и частотно-избирательных элементов, перестраиваемых по частоте и полосе.

4.4.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Обычно в справочной литературе приводятся основные параметры, которые необходимо учитывать, заменяя при ремонте фильтры на ПАВ. К ним относится **ширина полосы пропускания** по уровню несущей частоты изображения и **неравномерность АЧХ** в этой полосе частот, **избирательность по соседнему каналу** и **затухание** относительно уровня несущей частоты изображения, на частотах до 30 МГц, 30 МГц, 31,5 МГц, 31,9 МГц, 33,4 МГц, 39,5 МГц, 39,75 МГц, 40,4 МГц, 41,25 МГц и в полосе 39,5 – 41,5 МГц.

Для нормальной работы фильтра на ПАВ в схеме необходимо согласование предыдущих и последующих за фильтром каскадов, учитывая **входные и выходные сопротивления и емкости** фильтра.

4.4.2. МАРКИРОВКА ФИЛЬТРОВ НА ПАВ

Фильтры ФПЗП9-451, ФПЗП9-458, К04ФЕ001, КФПА1040Ж и КФПА1008 предназначены для применения в телевизорах, рассчитанных для приема сигналов вещательного телевидения в стандарте D/K (OIRT – отечественный стандарт). Фильтр ФПЗП9-451-01 имеет бескорпусное исполнение. Фильтры ФПЗП9-458 выпускаются в четырех вариантах (табл. 4.4.1).

Таблица 4.4.1. Варианты исполнения фильтров

Тип фильтра	Fср., МГц	Исполнение
ФПЗП9-458-1-1	37,4	без корпуса
ФПЗП9-458-1-2	43,75	без корпуса
ФПЗП9-458-2-1	37,4	в корпусе
ФПЗП9-458-2-2	43,75	в корпусе

Фильтры КФПА1007 и КФПА1040Е предназначены для применения в телевизионных приемниках, рассчитанных для приема сигналов вещательного телевидения в стандарте D/K (OIRT) и B/G (CCIR – западноевропейский стандарт).

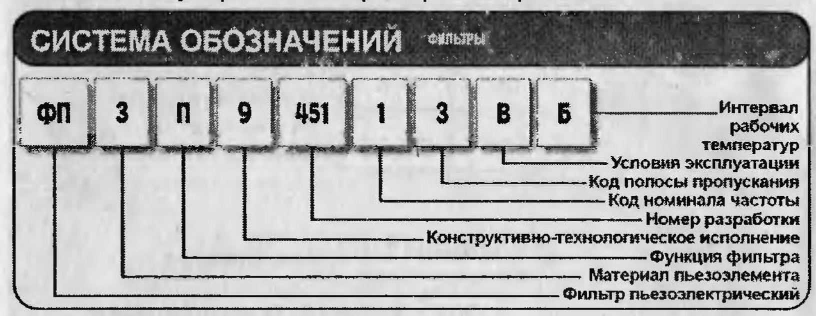
4.4.3. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Так как фильтры на ПАВ являются разновидностью пьезоэлектрических фильтров, то и система условных обозначений (которую необхо-

МАРКИРОВКА ПЬЕЗОФИЛЬТРОВ



димо указывать при заказе у производителя либо дистрибьютора) у них такая же, как и у керамических фильтров (см. разд. 4.3.3).



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) ФП, обозначает фильтр пьезоэлектрический.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает материал пьезоэлемента (см. табл. 4.3.5).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает функцию фильтра (см. табл. 4.3.6).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает конструктивно-технологическое исполнение фильтра (см. табл. 4.3.7).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает регистрационный номер разработки.

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры и буквы) обозначает номинальную частоту и единицу измерения частоты (табл. 4.4.2).

Таблица 4.4.2. Цифровой код номинальной частоты

Код	Частота	Код	Частота
1	низкочастотные (до 60 кГц)	6	высокочастотные (5 – 25 Мгц)
2	среднечастотные (60 – 400 кГц)	7	высокочастотные (25 – 35 МГц)
3	среднечастотные (0,4 – 1,2 МГц)	8	высокочастотные (35 – 90 Мгц)
4	высокочастотные (1,2 – 3 Мгц)	9	высокочастотные (выше 90 МГц)
5	высокочастотные (3 – 5 МГц)		

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает ширину полосы пропускания (задерживания) в герцах (килогерцах) или код (см. табл. 4.3.8).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) характеризует условия эксплуатации (см. табл. 4.3.9).

ДЕВЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) указывает на интервал рабочих температур (см. табл. 4.3.10).

Функциональные назначения полосовых фильтров серий (К04ххххх, КФПАхххх) представленны в приложении 3.

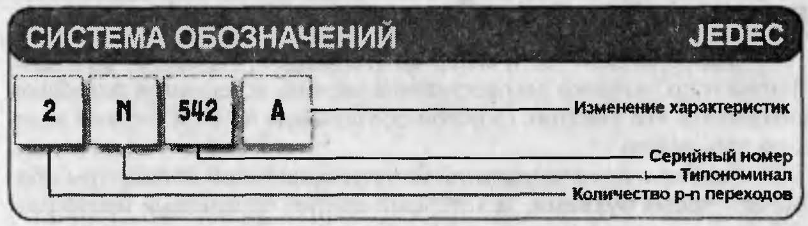
5. СИСТЕМЫ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Каждый тип полупроводникового прибора имеет свое условное обозначение. По информации на его корпусе можно определить назначение прибора, тип, материал полупроводника, мощность, граничную частоту и некоторые другие параметры. В зависимости от габаритных размеров корпуса прибора наносят полную либо сокращенную (кодовую) маркировку. Маркировка может представлять буквенно-цифровое обозначение, символьное (условными графическими знаками) либо цветовое (в виде окраса корпуса или его части, цветных точек или полос).

В настоящее время для обозначения и маркировки типов полупроводниковых приборов, а также их основных параметров и характеристик существуют различные системы и методы классификации и обозначений, в том числе и собственная маркировка отдельных фирм. Это в некоторых случаях затрудняет правильное применение полупроводниковых приборов при замене во время ремонта, особенно если в одном электронном блоке находят применение элементы как зарубежного, так и отечественного производства.

5.1. МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПО СИСТЕМЕ *JEDEC* (США)

Наибольшую популярность получила так называемая американская система обозначений JEDEC (**J**oint **E**lectron **D**evice **E**ngineering **C**ouncil), принятая объединенным техническим советом EIA по электронным приборам США (**E**lectronic **I**ndustries **A**ssociation).



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) означает количество PN переходов либо полупроводниковый прибор (табл. 5.1.1).

Таблица 5.1.1. Обозначение исходного материала

Код	1	2	3
Значение	диод	транзистор	тиристор

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква «N») обозначает типономинал.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) составляет серийный номер.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) указывает на возможные изменения параметров (характеристик) прибора в пределах одного типономинала по EIA.

Если корпус транзистора или другого полупроводникового прибора мал, то в сокращенной маркировке первая цифра и буква «N» не ставятся.

5.1.1. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

В цветовой маркировке полупроводниковых диодов первая цифра «1» и буква «N» опускаются.

Номера из **двух последних цифр** (1N**66**) маркируются черной дополнительной полосой (кольцом) (которая не учитывается) и двумя цветными в соответствии с таблицей на цветной вкладке 19. Номера из **трех последних цифр** (1N**237**) маркируются тремя цветными полосами (кольцами). Номера из **четырех последних цифр** (1N**1420**) маркируются четырьмя цветными полосами и дополнительной черной, которая не учитывается при определении наименования полупроводникового прибора.

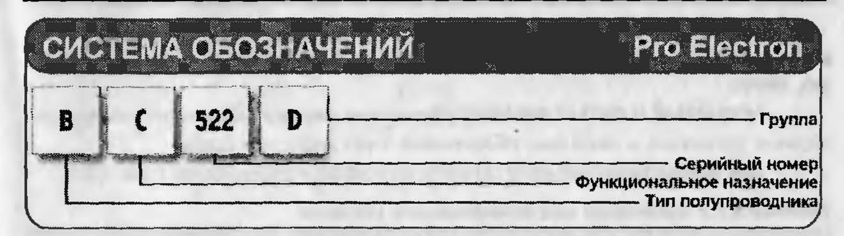
Цветные полосы (кольца) находятся ближе к катоду или первая от катода маркируется удвоенной ширины. Наименование диода читается от катода.

При наличии в обозначении наименования диода буквы, означающей отличия, добавляется **дополнительная цветная полоса (кольцо)** или заменяет последнюю черную (при четырехзначном номере).

5.2. МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПО ЕВРОПЕЙСКОЙ СИСТЕМЕ PRO ELECTRON

В европейской части материка (Голландии, Германии, Франции, Италии и др.) широко распространена система ассоциации **A**ssociation **I**nternational **Pro Electron.** Основой обозначения по этой системе являются пять знаков.

Приборы для специальной или промышленной аппаратуры обозначают **тремя буквами**, за которыми следует порядковый номер разработки, состоящий из **двух цифр**. Полупроводниковые приборы для бытовой аппаратуры обозначают **двумя буквами**, за которыми следует серийный номер из **трех цифр**.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) означает исходный материал (табл. 5.2.1).

Таблица 5.2.1. Обозначение исходного материала

Код	Значение	Код	Значение
A	германий	D	антимонид индия
B	кремний	R	сульфат кадмия
C	арсенид галия		

Для полупроводниковых приборов бывших ГДР и ЧСФР также первые буквы обозначают тип исходного материала **«G»** (германий) и **«S»** или **«K»** (соответственно кремний).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) определяет функциональное назначение полупроводникового прибора (табл. 5.2.2).

Таблица 5.2.2. Назначение полупроводникового прибора

Код	Значение	Код	Значение
A	маломощный диод общего назначения	N	отопара
B	варикап	P	фотоэлемент (фотодиод, фототранзистор)
C	транзистор маломощный, низкочастотный	Q	излучающий диод оптического (ИК) излучения
D	транзистор мощный, низкочастотный	R	маломощный регулирующий или переключающий прибор
E	туннельный диод	S	маломощные ключевые транзисторы
F	транзистор маломощный, высокочастотный	T	динисторы, тиристоры, симисторы
G	несколько полупроводниковых приборов в одном корпусе	U	мощные ключевые транзисторы
H	магнито-чувствительный диод	X	умножительный диод
K	прибор на основе эффекта Холла открытого типа	Y	мощный выпрямительный диод или мост
L	транзистор мощный, высокочастотный	Z	стабилитрон или стабистор
M	прибор на основе эффекта Холла закрытого типа		

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ обозначает приборы для промышленной и специальной аппаратуры **(буквы и цифры Z10...A99)**, а приборы широкого применения **(только цифры 100...9999)**.

ЧЕТВЕРТЫЙ И ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы или цифры) обозначают уточняющие сведения (возможно, к основному обозначению через дефис или дробь).

Для транзисторов указывается группа по коэффициенту усиления (табл. 5.2.3).

Таблица 5.2.3. Буквенный код коэффициента усиления

Код	A	B	C
Значение	низкий	средний	высокий

Для выпрямительных диодов, у которых анод соединен с корпусом (символ «R» в конце обозначения), цифрами указывается максимальная амплитуда обратного напряжения.

Для тиристоров, анод которых соединен с корпусом (символ «R» в конце обозначения), цифрами указывается меньшее из значений максимального напряжения включения или максимальная амплитуда обратного напряжения в вольтах.

Для стабилитронов – допустимое изменение номинального напряжения стабилизации и напряжение стабилизации в вольтах. Для обозначения допускаемого отклонения напряжения пробоя используются буквенный код (табл. 5.2.4).

Таблица 5.2.4. Буквенный код допустимого изменения номинального напряжения стабилитронов

Код	A	B	C	D	E
Значение	1%	2%	5%	10%	15%

Если корпус транзистора или другого полупроводникового прибора мал, то наносится сокращенная маркировка (буква, обозначающая материал полупроводника, опускается).

5.2.1. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

Так же как и в американской системе, тип диода читается от катода. Цветные полосы находятся ближе к катоду, причем первая полоса от катода наносится широкой (см. цветную вкладку 20). Маркировка стабилитронов в корпусе SOT-61 выполняется цветными полосами на одном из выводов (см. цветную вкладку 21).

5.2.2. МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПО СТАРОЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ СИСТЕМЕ

В старых моделях бытовой и промышленной техники европейских фирм можно встретить буквенный код полупроводниковых приборов,

начинающийся с буквы «О». Расшифровка такой информации дает представление лишь о типе полупроводникового элемента.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ буква **«О»**.

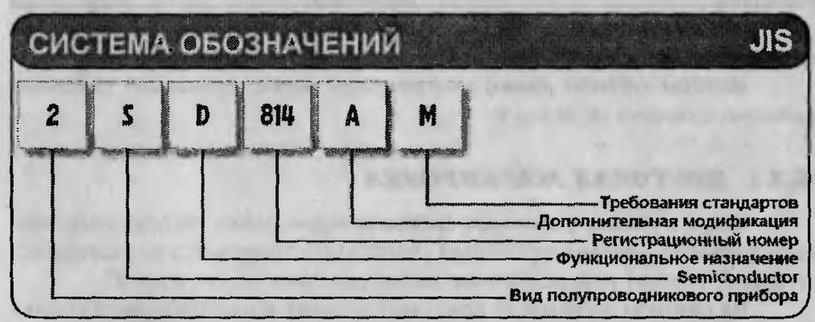
ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ буква, обозначающая вид прибора (табл. 5.2.5).

Таблица 5.2.5. Буквенное обозначение типа полупроводникового прибора

Код	Значение	Код	Значение
A	диод	C	транзистор
AP	фотодиод	CP	фототранзистор
AZ	стабилитрон	RP	фотопроводящий элемент (фоторезистор)

5.3. МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПО ЯПОНСКОЙ СИСТЕМЕ JIS

В Стране восходящего солнца широко используется промышленный стандарт **JIS-C-7012** ассоциации **E**lectronic **I**ndustries **A**ssociation of **J**apan, который является комбинацией между системами обозначений **JEDEC** и **Pro-Electron**. Условное обозначение состоит из пяти элементов.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает вид или класс полупроводникового прибора (табл. 5.3.1).

Таблица 5.3.1. Обозначение вида полупроводникового прибора

Код	Значение	Код	Значение
0	фотодиод, фототранзистор	2	транзистор
1	диод	3	тиристор, четырехслойный прибор

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква «S») означает Semiconductor (обычно при маркировке первую букву **«S»** опускают).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) определяет функциональное назначение и свойства полупроводниковых приборов (табл. 5.3.2). У фотоэлементов (фотодиоды, фототранзисторы) третий элемент маркировки отсутствует.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает рег. номер, начиная с числа 11.

Таблица 5.3.2. Буквенное обозначение полупроводникового прибора

Код	Значение	Код	Значение
A	высокочастотный транзистор PNP переходом	K	полевой транзистор с каналом N
B	низкочастотный транзистор PNP переходом	M	симметричный тиристор (симистор)
C	высокочастотный транзистор NPN переходом	Q	светоизлучающий диод
D	низкочастотный транзистор NPN переходом	R	выпрямительный диод
E	диод Есаки (четырехслойный диод со структурой PNPN)	S	слаботочный диод
F	тиристор	T	лавинный диод
G	диод Ганна (четырехслойный диод со структурой NPNP)	V	варикап
H	одноперeходной (не инжектированный) транзистор	Z	стабилитрон
J	полевой транзистор с каналом P		

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) (может отсутствовать), обозначает дополнительные модификации (**A** — первая, **B** - вторая и последующие).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) дополнительный индекс, отражающий требования различных стандартов (**N**, **M** или **S**).

5.3.1. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА

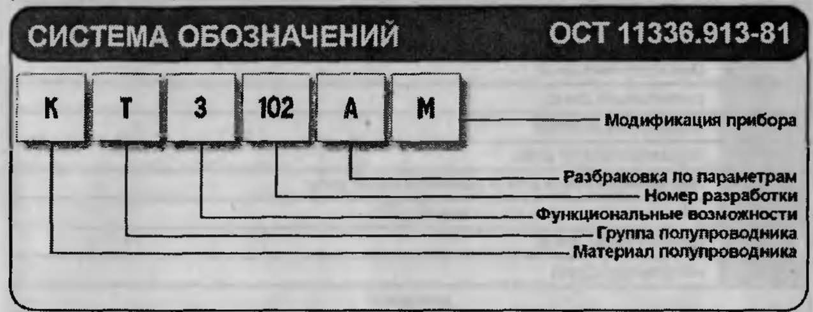
Как и в упомянутых выше системах маркировки полупроводниковых приборов, цветными точками (полосами) отмечаются разновидности серий (типов) или различные характеристики по системе JIS.

На цветной вкладке 22 показаны отличия в цветовой маркировке сапресоров (ограничители напряжения) фирмы Sony. Две полосы одинакового цвета указывают на запятую между цифрами, определяемыми по цвету полос.

5.4. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В основу системы обозначений отечественных транзисторов и диодов положен буквенно-цифровой код, установленный отраслевым стандартом ОСТ 11336.919-81, базирующийся на ряде классификационных признаков (функциональному назначению, предельной мощности, частоте и др.). Как и любая другая, система обозначений и маркировки постоянно совершенствуется, в нее вносятся изменения, направленные на приведение используемых кодов к единым классификационным признакам.

Отечественная система обозначений полупроводниковых приборов предусматривает обозначения, состоящие из нескольких элементов.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква или цифра) обозначает применяемый полупроводниковый материал (табл. 5.4.1).

Таблица 5.4.1. Обозначение применяемого полупроводникового материала

Цифра	Буква	Значение	Цифра	Буква	Значение
1	Г	германий	3	А	соединения галия
2	К	кремний	4	И	соединения индия

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) определяет подкласс (группу) полупроводникового прибора (табл. 5.4.2).

Таблица 5.4.2. Обозначение подкласса полупроводникового прибора

Буква	Значение	Буква	Значение
А	сверхвысокочастотный диод	Н	диодный тиристор
Б	диод Ганна	О	оптопара диодная
В	варикап	П	транзистор полевой
Г	генератор шума	С	стабилитрон или стабистор
Д	выпрямительный импульсный диод	Т	транзистор биполярный
И	туннельный диод	У	триодный тиристор
Л	светоизлучающий диод	Ц	выпрямительный блок, столб (диодная сборка)

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) определяет основные функциональные возможности полупроводниковых приборов (табл. 5.4.3).

ЧЕТВЕРТЫЙ, ПЯТЫЙ И ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТЫ (цифры) обозначают порядковый номер конструктивно-технологической разработки, а для стабилитронов и стабисторов – напряжение стабилизации.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) определяет классификацию (разбраковку по параметрам) полупроводниковых приборов, изготовленных по единой технологии.

Для уточнения модификаций конструкции или электрических параметров иногда используют ***дополнительные элементы*** *в обозначении полупроводниковых приборов.*

Таблица 5.4.3. Цифровое обозначение функциональных возможностей полупроводникового прибора

Цифра	Значение
	сверхвысокочастотные диоды (А)
1	смесительный диод
2	детекторный диод
3	усилительный диод
4	параметрический диод
5	переключательный или ограничительный диод
6	умножительный или настроечный диод
7	генераторный диод
8	импульсный диод
	варикапы (В)
1	подстроечный варикап
2	умножительный варикап
	генераторы шума (Д)
1	низкочастотный генератор шума
2	высокочастотный генератор шума
	диоды выпрямительные импульсные (И)
1	выпрямительный диод с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3 А
2	выпрямительный диод с постоянным или средним значением прямого тока от 0,3 до 10 А
3	резерв
4	для импульсных диодов с временем восстановления обратного сопротивления более 500 нс
5	для импульсных диодов с временем восстановления обратного сопротивления 150 – 500 нс
6	для импульсных диодов с временем восстановления обратного сопротивления 30 – 150 нс
7	для импульсных диодов с временем восстановления обратного сопротивления 5 – 30 нс
8	для импульсных диодов с временем восстановления обратного сопротивления 1 – 5 нс
9	для импульсных диодов с эффективным временем жизни неосновных носителей заряда менее 1 нс
	диоды тунельные (И)
1	усилительный туннельный диод
2	генераторный туннельный диод
3	переключательный туннельный диод
4	обращенный диод
	излучающие оптоэлектронные приборы (Л)
1	диод инфракрасного излучения
2	модуль инфракрасного излучения

Продолжение табл. 5.4.3

Цифра	Значение
3	светодиод видимого спектра излучения
4	знаковый индикатор
5	знаковое табло представления информации
6	шкала визуального представления информации
7	экран визуального представления информации
	диодные тиристоры - динисторы (Н)
1	экран визуального представления информации
2	динистор с максимально допустимым значением прямого тока от 0,3 до 10 А
	транзисторы полевые (П)
1	транзистор малой мощности (до 0,3 Вт) с граничной частотой усиления не более 3 МГц
2	транзистор малой мощности (до 0,3 Вт) с граничной частотой усиления 3 – 30 МГц
3	транзистор малой мощности (до 0,3 Вт) с граничной частотой усиления более 30 МГц
4	транзистор малой мощности (до 0,3 Вт) с граничной частотой усиления более 30 МГц
5	транзистор средней мощности (0,3 – 1,5 Вт) с граничной частотой усиления 3 – 30 МГц
6	транзистор средней мощности (0,3 – 1,5 Вт) с граничной частотой усиления более 30 МГц
7	транзистор большой мощности (более 1,5 Вт) с граничной частотой усиления не более 3 МГц
8	транзистор большой мощности (более 1,5 Вт) с граничной частотой усиления 3 – 30 МГц
9	транзистор большой мощности (более 1,5 Вт) с граничной частотой усиления более 30 МГц
	стабилитроны и стабисторы (С)
1	стабилитрон мощностью до 0,3 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10 В
2	стабилитрон мощностью до 0,3 Вт с номинальным напряжением стабилизации 10 – 100 В
3	стабилитрон мощностью до 0,3 Вт с номинальным напряжением стабилизации более 100 В
4	стабилитрон мощностью 0,3 – 5 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10 В
5	стабилитрон мощностью 0,3 – 5 Вт с номинальным напряжением стабилизации 10 – 100 В
6	стабилитрон мощностью 0,3 – 5 Вт с номинальным напряжением стабилизации более 100 В
7	стабилитрон мощностью 5 – 10 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10 В
8	стабилитрон мощностью 5 – 10 Вт с номинальным напряжением стабилизации 10 – 100 В

Продолжение табл. 5.4.3

Цифра	Значение
9	стабилитрон мощностью 5 — 10 Вт с номинальным напряжением стабилизации более 100 В
	транзисторы биполярные (Т)
1	транзистор малой мощности (до 0,3 Вт) с граничной частотой усиления не более 3 МГц
2	транзистор малой мощности (до 0,3 Вт) с граничной частотой усиления 3 — 30 МГц
3	транзистор малой мощности (до 0,3 Вт) с граничной частотой усиления более 30 МГц
4	транзистор средней мощности (0,3 — 1,5 Вт) с граничной частотой усиления не более 3 МГц
5	транзистор средней мощности (0,3 — 1,5 Вт) с граничной частотой усиления 3 — 30 МГц
6	транзистор средней мощности (0,3 — 1,5 Вт) с граничной частотой усиления более 30 МГц
7	транзистор большой мощности (более 1,5 Вт) с граничной частотой усиления не более 3 МГц
8	транзистор большой мощности (более 1,5 Вт) с граничной частотой усиления 3 — 30 МГц
9	транзистор большой мощности (более 1,5 Вт) с граничной частотой усиления более 30 МГц
	триодные тиристоры незапираемые (У)
1	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока не более 0,3 А или импульсного тока не более 15 А
2	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока 0,3 — 10 А или импульсного тока 15 — 100 А
7	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока более 10 А или импульсного тока более 100 А
	триодные тиристоры запираемые (У)
3	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока не более 0,3 А или импульсного тока не более 15 А
4	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока 0,3 — 10 А или импульсного тока 15 — 100 А
8	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока более 10 А или импульсного тока более 100 А
	триодные тиристоры симитричные (У)
5	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока не более 0,3 А или импульсного тока не более 15 А
6	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока 0,3 — 10 А или импульсного тока 15 — 100 А
9	тиристор с максимально допустимым значением, в открытом состоянии, среднего тока более 10 А или импульсного тока более 100 А
	выпрямительные блоки, столбы, диодные сборки (Ц)
1	диодный столб с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3 А
2	диодный столб с постоянным или средним значением прямого тока 0,3 — 10 А
3	диодный блок с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3 А
4	диодный блок с постоянным или средним значением прямого тока 0,3 — 10 А

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра или буква) цифра обозначает модификации прибора, приводящих к изменению его конструкции или электрических параметров **(1 – 9)**. Буква **«С»** – набор однотипных приборов в общем корпусе, не соединенных электрически или соединенных одноименными выводами.

ДЕВЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) написанная через дефис, обозначает модификации конструктивного исполнения бескорпусных приборов (табл. 5.4.4).

Таблица 5.4.4. Цифровое обозначение модификации исполнения бескорпусных приборов

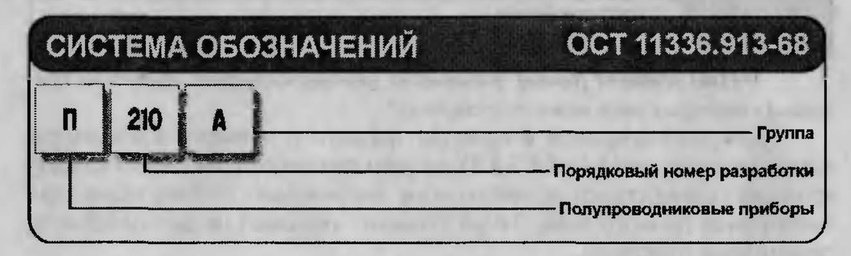
Цифра	Значение
1	с гибкими выводами без кристаллодержателя (подложки)
2	с гибкими выводами на кристаллодержателе (подложке)
3	с жесткими выводами без кристаллодержателя (подложки)
4	с жесткими выводами на кристаллодержателе (подложке)
5	с контактными площадками без кристаллодержателя (подложки) и без выводов
6	с контактными площадками на кристаллодержателе (подложке) и без выводов

ДЕСЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает подбор приборов по параметрам (табл. 5.4.5).

Таблица 5.4.5. Буквенное обозначение парного подбора приборов

Буква	Значение
Р	с подбором по параметрам в пары
Г	с подбором по параметрам в четверки
К	с подбором по параметрам в шестерки

Данная система обозначений вмещает значительный объем информации о свойствах полупроводникового прибора. Но поскольку ОСТ 336.919-81 был введен в действие с 1982 г., то для ранее разработанных полупроводниковых приборов (и выпускаемых по сей день) использовалась более упрощенная система обозначений, состоящая из двух-трех элементов.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает класс полупроводниковых приборов (табл. 5.4.6).

Таблица 5.4.6. Обозначение класса полупроводникового прибора

Буква	Значение
П	биполярный транзистор
МП	биполярный транзистор в корпусе, который герметизируется способом холодной сварки
Д	полупроводниковый диод

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) указывает на материал полупроводника и область применения полупроводникового прибора (табл. 5.4.7).

Таблица 5.4.7. Обозначение материала и области применения

Цифры	Обозначение материала и область применения транзисторов
1 — 99	германиевые маломощные низкочастотные транзисторы
101 — 199	кремниевые маломощные низкочастотные транзисторы
201 — 299	германиевые мощные низкочастотные транзисторы
301 — 399	кремниевые мощные низкочастотные транзисторы
401 — 499	германиевые маломощные ВЧ и СВЧ транзисторы
501 — 599	кремниевые маломощные ВЧ и СВЧ транзисторы
601 — 699	германиевые мощные ВЧ и СВЧ транзисторы
701 — 799	кремниевые мощные ВЧ и СВЧ транзисторы
1 — 100	германиевые точечные диоды
101 — 200	кремниевые точечные диоды
201 — 300	кремниевые плоскостные диоды
301 — 400	германиевые плоскостные диоды
401 — 500	диоды смесительных СВЧ детекторов
501 — 600	умножительные диоды
601 — 700	диоды для видеодетекторов
701 — 749	германиевые параметрические диоды
750 — 800	кремниевые параметрические диоды
801 — 900	стабилитроны
901 — 950	варикапы
951 — 1000	туннельные диоды
1001 — 1100	выпрямительные столбы

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) указывает на разновидность групп однотипных приборов (у некоторых типов может отсутствовать).

Для стабилитронов в качестве третьего и четвертого элементов присваивались числа (табл. 5.4.8), причем две последние цифры каждого числа соответствуют номинальному напряжению стабилизации стабилитронов данного типа. Пятый элемент указывал на разновидность однотипных приборов.

Таблица 5.4.8. Цифровое обознвчение мощности и напряжения стабилизации

Цифры	Обозначение основных параметров стабилитронов
	стабилитроны малой мощности (Р < 0,3 Вт)
101 – 199	с напряжением стабилизации 0,1 В – 9,9 В
210 – 299	с напряжением стабилизации 10 В – 99 В
301 – 399	с напряжением стабилизации 100 В – 199 В
	стабилитроны средней мощности (0,3 Вт < Р < 5 Вт)
401 – 499	с напряжением стабилизации 0,1 В – 9,9 В
510 – 599	с напряжением стабилизации 10 В – 99 В
601 – 699	с напряжением стабилизации 100 В – 199 В
	стабилитроны большой мощности (Р > 5 Вт)
701 – 799	с напряжением стабилизации 0,1 В – 9,9 В
810 – 899	с напряжением стабилизации 10 В – 99 В
901 – 999	с напряжением стабилизации 100 В – 199 В

5.4.1. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА

На малогабаритных полупроводниковых приборах маркировку осуществляют цветными полосами или точками.

В зависимости от расположения цветной точки на корпусе (КТ-26, КТ-27, КТ-29) различают тип или группу полупроводниковых приборов (транзистора). Более подробно цветовая маркировка полупроводниковых приборов рассмотрена в гл. 6 и 7.

5.5. МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ОТДЕЛЬНЫМИ ФИРМАМИ

Кроме перечисленных выше систем маркировки, отдельные фирмы-производители вводят собственную маркировку для специальных типов приборов, выпускающихся под требования заказчика либо по коммерческим соображениям.

Ниже приведена маркировка на корпусах транзисторов, получивших наибольшее распространение различных фирм. Каждая фирма оригинальна в своей маркировке. Зачастую маркировка того или иного полупроводникового прибора начинается с букв названия фирмы.

IRGPC30KD2 – биполярный транзистор с изолированным затвором со встроенными диодами фирмы **I**nternational **R**ectifier.

MJ3521, MM1812 – мощные транзисторы в металлическом корпусе фирмы **M**otorola.

MJE800, MPSU51A – мощные транзисторы в пластмассовом корпусе фирмы **M**otorola.

RCA1B04 – мощный транзистор в металлическом корпусе фирмы **RCA**, corp.

TIP3055, TIP151 – мощные транзисторы в пластмассовом корпусе фирмы Texas Instruments.

TIPL775A – мощный транзистор с планарным расположением выводов фирмы Texas Instruments.

U2T601 – мощный транзистор в металлическом корпусе фирмы Unitrode Corporation.

ZT402, ZTX601A – полупроводниковые приборы фирмы Ferranti.

5.5.1. МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ФИРМОЙ NIPPON ELECTRIC COMPANI (NEC)

Для обозначения своих полупроводниковых элементов фирма NEC использует товарный знак в виде буквы «N» и несколько символов, обозначающих конкретный полупроводник.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (сочетание букв) обозначает тип полупроводникового прибора (табл. 5.5.1).

Таблица 5.5.1. Буквенное обозначение полупроводникового прибора

Код	Значение	Код	Значение
AD	лавинно-пролетные диоды	SG	светоизлучающие диоды зеленого свечения
GD	диоды Ганна	SH	точечно-контактные кремниевые диоды
GH	смесительные германиевые диоды	SM	арсенид-галлиевые диоды с барьером Шотки
PH	фототранзисторы	SR	светоизлучающие диоды красного свечения
PS	оптопары, фотоприемники	SV	варакторы
RD	стабилитроны	SY	светоизлучающие диоды желтого свечения
SD	малосигнальные диоды	V	новые полупроводниковые приборы
SE	диоды инфракрасного спектра	VD	варисторы

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) регистрационный номер.

5.6. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Вопросы, связанные с взаимозаменяемостью отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов, возникают при необходимости замены вышедшего из строя прибора в конкретной аппаратуре, а также при определении возможности воспроизведения интересующего устройства (схемы).

Полная аналогичность (эквивалентность) отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов предполагает совпадение их функционального назначения, электрических параметров и характеристик, конструктивного оформления, габаритных и присоединительных размеров, формы и расположения выводов, электрической связи выводов с корпусом, надежности и стабильности. Однако полного совпадения получить практически невозможно, так как процесс создания полупроводниковых приборов — это технологический комплекс, характерный для каждой фирмы-изготовителя.

Принципы и методы определения наиболее вероятных значений и установления норм и допусков электрических параметров, принятые в разных странах, неодинаковы. Очевидно, что в ряде случаев нормы, устанавливаемые на параметры, могут значительно отличаться от их реальных значений.

Эксплуатационные свойства полупроводниковых приборов описываются большим числом параметров, поэтому можно считать, что практически полная тождественность отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов недостижима и не во всех случаях необходима. Целесообразнее говорить о частичной (неполной) или приближенной их эквивалентности. Подбор аналогов должен проводиться с учетом конкретной электрической схемы, а не только путем формального сравнения всех параметров приборов в совпадающем или близком режимах измерений. При воспроизведении технических показателей схемы (узла, каскада) должны удовлетворяться прежде всего требования к выходным параметрам. Поэтому не все параметры полупроводниковых приборов будут одинаково важными, а только те, по которым должна быть обеспечена взаимозаменяемость.

Таким образом, наличие конкретной схемы приводит к сокращению числа рассматриваемых параметров и упрощению решения задачи по подбору эквивалентных приборов за счет выявленных требований к выходным параметрам и определения реального режима работы приборов. При анализе комплекса выходных параметров их условно можно разделить на основные (требуется наилучшее сочетание их значений) и второстепенные (значения могут меняться в достаточно широких пределах) параметры.

Взаимозаменяемость отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов зависит не только от их свойств, условий эксплуатации и режимов применения, но и от рационально разработанной схемы, учитывающей номинальный разброс параметров и не требующей специального подбора приборов. При замене зарубежного прибора отечественным, даже лучшим по параметрам, может потребоваться подстройка схемы, чтобы не ухудшилась работа каскада и не возникла паразитная генерация. Подбор аналогов должен осуществляться сравнением электрических параметров отечественных и зарубежных приборов.

Необходимо учесть, что некоторые фирмы выпускают приборы по лицензиям других фирм или стран и присваивают им новые номера, иногда меняя нормы на некоторые параметры.

6. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Полупроводниковый прибор, имеющий один P-N переход, называется диодом.

В зависимости от соотношения линейных размеров выпрямляющего P-N перехода и характеристической длины (диффузионная длина пути неосновных носителей заряда в базе) различают плоскостные и точечные диоды. Точечным называется диод, у которого линейные размеры, определяющие площадь базы выпрямляющего электрического перехода, значительно меньше характеристической длины. У плоскостного же диода, наоборот, линейные размеры значительно больше характеристической длины.

Выпрямляющими свойствами может обладать контакт между металлом и полупроводником, который назван переходом Шотки. Характерной особенностью выпрямляющего перехода Шотки (в отличие от P-N перехода) является разная высота потенциальных барьеров для электронов и дырок. Поэтому через переход Шотки может не происходить инжекция (т. е. отсутствует процесс накопления и рассасывания) неосновных носителей заряда. В силу этого такие диоды имеют лучшие частотные свойства по сравнению с обычными полупроводниковыми диодами. Малая величина обратного напряжения (до 70 В) является основным недостатком диодов Шотки, сдерживающих их широкое применение.

6.1. ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

Полупроводниковый диод, предназначенный для преобразования переменного (двухполярного) тока в ток одной полярности, называют выпрямительным.

Вентильные свойства (обратный ток на несколько порядков меньше прямого тока) у выпрямительных диодов выражены тем сильнее, чем меньше обратный ток при заданном обратном напряжении и чем меньше прямое напряжение при заданном прямом токе.

Для современных высокочастотных (частота преобразования свыше 100 кГц) выпрямительных диодов характерны следующие параметры, влияющие на область применения. Для диодов Шотки — обратное напряжение 10—70 В и время обратного восстановления 20—50 нс. Для эпитаксиальных диодов (с пониженным значением токов утечки и емкости переходов) — обратное напряжение 70—1200 В и время обратного восстановления 20—100 нс. Для диффузионных диодов (с использованием радиационно-легированного исходного кремния и радиационных методов введения генерационно-рекомбинационных центров) — обратное напряжение 200—2000 В и время обратного восстановления 70—500 нс.

Арсенид-галлиевые выпрямительные диоды имеют в несколько раз меньшие массогабаритные показатели (позволяют работать при температурах перехода до 280 °С), хотя обладают одинаковой с кремниевыми диодами коммутируемой мощностью. А значительно большая подвижность носителей заряда позволяет использовать арсенид-галлиевые диоды в диапазоне частот преобразования 100—500 кГц, коммутируя импульсные токи до 500 А с полным временем включения менее 10^{-9} с.

6.1.1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ ДИОДОВ

Основные электрические параметры позволяют сравнивать и находить аналоги (прототипы), необходимые для новой разработки конструкции или для замены выпрямительных диодов при ремонте.

Для диодов этой группы основными критериями являются максимально допустимый **постоянный** (средний или импульсный) **прямой ток** ($I_{пр}$) и максимально допустимое **постоянное** (импульсное) **обратное напряжение** ($U_{обр.макс}$), которое для обеспечения нормального (длительного) функционирования выпрямительных диодов выбирается равным $U_{обр.макс} = (0,5–0,8)U_{проб}$.

Иногда приходится учитывать **постоянный обратный ток** при приложении $U_{обр}$ и **прямое постоянное** (среднее или импульсное) **напряжение** ($U_{пр}$) при протекании постоянного (периодически изменяющегося или импульсного) прямого тока.

Верхнее значение **рабочей частоты** (при которой не требуется снижение электрических режимов эксплуатации) и **время обратного восстановления** являются параметрами, которые характеризуют частотный диапазон эксплуатации выпрямительных диодов.

6.1.2. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ ДИОДОВ И СБОРОК

С изменением технологии и уменьшением габаритов радиоэлектронных компонентов появилась необходимость в уплотнении и сокращении информации, наносимой на корпус. Как зарубежные, так и отечественные производители для обозначения полупроводниковых приборов используют цветовую маркировку. Она наносится на корпус диода в виде колец или точек. При различии вариантов приемки полупроводниковых приборов или, если цвета полос (точек) совпадают с цветом корпуса, то окрас корпуса изменяют.

В отличие от зарубежных, отечественные производители маркировку выпрямительных диодов осуществляют по цветовой гамме без какой-либо системы. К тому же маркировочные полосы или точки могут располагаться как со стороны катода, так и со стороны анода диода.

В приведенных ниже таблицах и вкладках автор попытался отразить имеющуюся информацию о цветовой маркировке выпрямительных диодов, диодных сборок, блоков и мостов, выпрямительных столбов.

Таблица 6.1.1. Цветовая маркировка выпрямительных отечественных диодов

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка со стороны анода (+)	Цвет корпуса или цветная метка	Тип диода	Iпр., А	Uобр., В
	красная точка и красное кольцо (точка)		Д9Б	0,09	10
	красная точка и оранжевое кольцо (точка)		Д9В	0,01	30
	красная точка и желтое кольцо (точка)		Д9Г	0,03	30
	красная точка и белое кольцо (точка)		Д9Д	0,03	30
	красная точка и голубое кольцо (точка)		Д9Е	0,05	50
	красная точка и зеленое кольцо (точка)		Д9Ж	0,01	100
	красная точка и два желтых кольца (точки)		Д9И	0,03	30
	красная точка и два белых кольца (точки)		Д9	0,06	30
	красная точка и два зеленых кольца (точки)		Д9Л	0,03	100
	красная точка и два голубых кольца (точки)		Д9М	0,03	30
	черная и красная точки		Д10	0,016	10
	черная и оранжевая точки		Д10А	0,016	10
	черная и желтая точки		Д10Б	0,016	10
	зеленая точка		КД102А	0,1	250
	желтая точка		2Д102А	0,1	250
	синяя точка		КД102Б	0,1	300
	оранжевая точка		2Д102Б	0,1	300
	белая точка	корпус черный	2Д103А	0,1	75
	синяя точка		КД103А	0,1	50
	желтая точка	корпус зеленый	КД103Б	0,1	50
	белая точка		2Д104А	0,01	300
	красная точка		КД104А	0,01	300

Продолжение табл. 6.1.1

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка со стороны анода (+)	Цвет корпуса или цветная метка	Тип диода	Iпр., А	Uобр., В
	белая или желтая полоса		КД105Б	0,3	400
		зеленая точка	КД105В	0,3	600
		красная точка	КД105Г	0,3	800
		белая или желтая точка	КД105Д	0,3	1000
	черная точка		ГД107А	0,02	15
	серая точка		ГД107Б	0,02	20
	черная, зеленая или желтая точка	желтая точка	КД208А	1,5	100
	зеленая полоса	на корпусе КД208	КД208А	1,5	100
	красная полоса на торце корпуса		КД209А	0,7	400
		зеленая точка	КД209Б	0,7	600
		красная точка	КД209В	0,5	800
		белая точка	КД209Г	0,2	1000
	черная, зеленая или желтая точка		КД209А	0,7	400
		белая точка	КД209Б	0,7	600
		черная точка	КД209В	0,5	800
		зеленая точка	КД209Г	0,2	1000
	красная полоса на торце корпуса	на боковой поверхности буква «А»	2Д215А	1	400
	красная полоса на торце корпуса	на боковой поверхности буква «Б»	2Д215Б	1	600
	красная полоса на торце корпуса	на боковой поверхности буква «В»	2Д215В	1	200
	белая точка		2Д217А	3	100
	красная точка		2Д217Б	3	200
	белая полоса		КД221А	0,7	100
	белая полоса и белая точка		КД221Б	0,5	200
	белая полоса и зеленая точка		КД221В	0,3	400
	белая полоса и красная точка		КД221Г	0,3	600

Продолжение табл. 6.1.1

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка со стороны анода (+)	Цвет корпуса или цветная метка	Тип диода	Iпр., А	Uобр., В
	голубая точка		КД221А	0,7	100
		белая точка	КД221Б	0,5	200
		черная точка	КД221В	0,3	400
		зеленая точка	КД221Г	0,3	600
		бежевая точка	КД221Д	0,7	100
		желтая точка	КД221Е	0,5	200
	две цветные точки		2Д236А	1	600
	одна цветная точка		2Д236Б	1	800
	одна цветная точка		2Д237А	1	100
	две цветные точки		2Д237Б	1	200
	красная точка		2Д254А	1	1000
	синяя точка		2Д254Б	1	800
	желтая точка		2Д254В	1	600
	зеленая точка		2Д254Г	1	400

Таблица 6.1.2. Цветовая маркировка выпрямительных диодов

Эскиз корпуса	Цветовая маркировкв со стороны анода (+)	Цвет корпуса или цветная метка	Тип диода	Iпр., А	Uобр., В
	белая точка		КД109А	0,3	100
	желтая точка		КД109Б	0,3	300
	зеленая точка		КД109В	0,3	600
	оранжевое кольцо		КД226А	2	100
	красное кольцо		КД226Б	2	200
	зеленое кольцо		КД226В	2	400
	желтое кольцо		КД226Г	2	600
	белое кольцо		КД226Д	2	800
	голубое кольцо		КД226Е	2	600
	белое кольцо		2Д235А	1	40
	красное кольцо		2Д235Б	1	30
	фиолетовое кольцо		КД243А	1	50
	оранжевое кольцо		КД243Б	1	100
	красное кольцо		КД243В	1	200
	зеленое кольцо		КД243Г	1	400
	желтое кольцо		КД243Д	1	600
	белое кольцо		КД243Е	1	800
	голубое кольцо		КД243Ж	1	1000

Продолжение табл. 6.1.2.

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка со стороны анода (+)	Цвет корпуса или цветная метка	Тип диода	Iпр., А	Uобр., В
	два оранжевых кольца		КД247А	1	50
	два красных кольца		КД247Б	1	100
	два зеленых кольца		КД247В	1	200
	два желтых кольца		КД247Г	1	400
	два белых кольца		КД247Д	1	600
	два фиолетовых кольца		КД247Е	1	800
	два голубых кольца		КД247Ж	1	1000

Таблица 6.1.3. ***Цветовая маркировка отечественных диодных сборок, блоков и выпрямительных столбов***

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка	Метка на корпусе	Тип	Iпр., А	Uобр., В
	белая полоса со стороны анода		КЦ117А	1,3	10000
	черная полоса со стороны анода		КЦ117Б	3	12000
	черная точка со стороны катода		КЦ422А	0,5	50
		белая точка	КЦ422Б	0,5	100
		черная точка	КЦ422В	0,5	200
		зеленая точка	КЦ422Г	0,5	400

МАРКИРОВКА ДИОДНЫХ СБОРОК И МОСТОВ

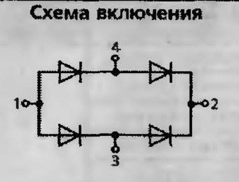
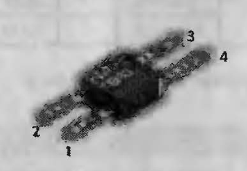
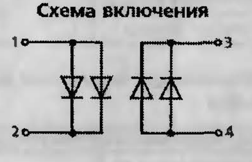


Схема включения



КД906(А–В)
2Д906(А–В)
маркируется белой полоской у 4-го вывода

Схема включения

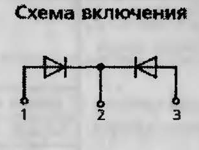


КД906(Г–Е)

маркируется белой полоской у 4-го вывода



Схема включения

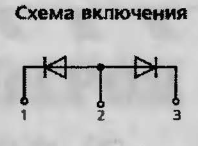


КДС111А

маркируется красной точкой



Схема включения



КДС111Б

маркируется зеленой точкой



Схема включения



КДС111В

маркируется желтой точкой

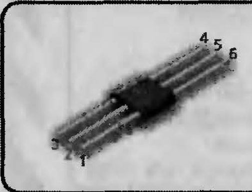
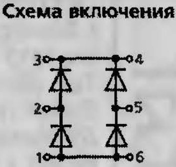
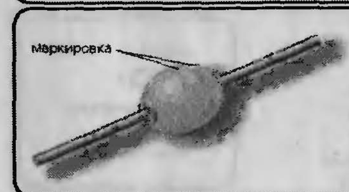


Схема включения



КЦ407А
маркируется выпуклостью корпуса возле 1-го вывода

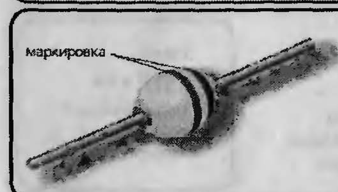
МАРКИРОВКА ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ ДИОДОВ SONY



Со стороны катода маркируются полосами:

V-11J – зелеными
V-11L – желтыми
V-11M – черными
V-11N – красными

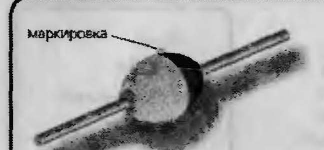
серия
.V-11*
керамический корпус голубого цвета



Со стороны катода маркируются полосами:

UO-5C – черными
UO-5E – голубыми
UO-5G – красными
UO-5J – зелеными

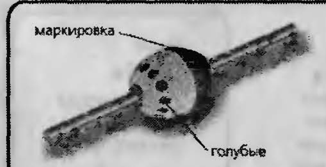
серия
.UO-5*
керамический корпус белого цвета



Со стороны катода маркируются полосой:

VO-6A – коричневой
VO-6B – желтой
VO-6C – красной

серия
.VO-6*
керамический корпус белого цвета



Со стороны катода маркируются полосой:

VO-9C – черной
VO-9E – голубой
VO-9G – красной

серия
.VO-9*
керамический корпус белого цвета с голубыми точками



Со стороны катода маркируются полосами:

V-19B – желтыми
V-19C – черными
V-19E – голубыми

серия
.V-19*
керамический корпус белого цвета

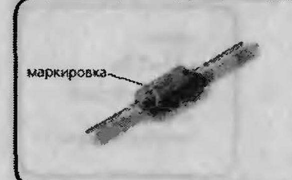


Со стороны катода маркируются полосой:

S2V10 – коричневая
S2V10 – красная
S2V10 – желтая

серия
.S2V*
керамический корпус

МАРКИРОВКА ДИОДОВ И СБОРОК SONY



Со стороны катода маркируются полосой:

10D-2 — красной
10D-4 — голубой
10D-6 — желтой
10D-8 — оранжевой
10D-10 — зеленой

серия
.10D*
керамический корпус серого цвета

маркировка

Со стороны катода маркируются двумя полосами:

SIR80 — зелеными
SIR100 — серебряными
SIR150 — золотыми

серия
.SIR***
керамический корпус темного цвета



Маркировка боковой стороны:

HF1Z — нет окраса
HF1Z — синий цвет
HF1Z — белый цвет
HF1Z — желтый цвет
HF1Z — красный цвет

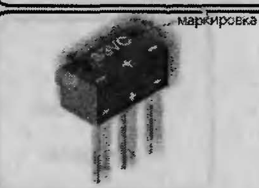
серия
.HF1*
керамический корпус темного цвета



Маркировка боковой стороны:

UF-01 — нет окраса
UF-1 — голубой цвет
UF-1A — белый цвет
UF-1B — желтый цвет
UF-1C — красный цвет

серия
.UF1*
керамический корпус темного цвета



1 2 3

Маркируются точкой:

S3VC20 — красной
S3VC40 — желтой

серия
.S3VC**
пластмассовый корпус черного цвета



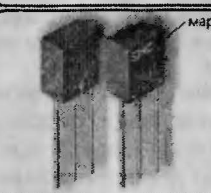
1 2 3

Маркируются точкой:

S3VC20R — красной
S3VC40R — желтой

серия
.S3VCR**
пластмассовый корпус черного цвета

МАРКИРОВКА ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ СБОРОК SONY



маркировка



Маркируются точкой:
S2RC20 — красной
S2RC40 — желтой

серия
.S2RC**
пластмассовый корпус коричневого цвета

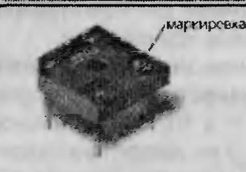


маркировка



Маркируются точкой:
S2RC20R — красной
S2RC40R — желтой

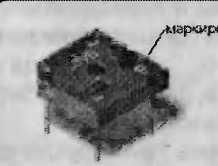
серия
.S2RCR**
пластмассовый корпус черного цвета



маркировка

Маркировка точкой у отрицательного вывода:
S4VB10 — нет точки
S4VB20 — красная
S4VB40 — желтая
S4VB60 — голубая

серия
.S4VB**
пластмассовый корпус темного цвета

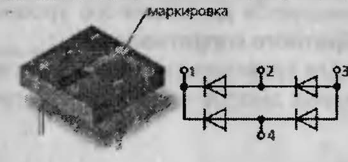


маркировка

Маркировка точкой у отрицательного вывода:
S5VB10 — нет точки
S5VB20 — красная
S5VB40 — желтая
S5VB60 — голубая

серия
.S5VB**
пластмассовый корпус темного цвета

маркировка



Маркировка точкой:
S1RBA10 — нет точки
S1RBA20 — красная
S1RBA40 — желтая
S1RBA60 — голубая

серия
.S1RBA**
пластмассовый корпус темного цвета

маркировка

Маркируются со стороны отрицательного вывода точкой:
S1VB20, **S1VB20-S** — красная
S1VB40, **S1VB40-S** — желтая
S1VB10, **S1VB10-S** — не маркируется

серия
.S1VB**
пластмассовый корпус черного цвета

6.2. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ И ИМПУЛЬСНЫЕ ДИОДЫ

Полупроводниковый диод, имеющий малую длительность переходных процессов включения и выключения при прохождении импульсного сигнала, называют импульсным.

Под высокочастотными диодами обычно понимают различные типы точечных (с уменьшенной площадью выпрямляющего контакта) диодов.

Снижение величины барьерной емкости (которая является причиной инерционности неосновных носителей заряда) достигается главным образом уменьшением площади P-N перехода.

6.2.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИМПУЛЬСНЫХ ДИОДОВ

Основные параметры для диодов этой группы несколько отличаются от параметров выпрямительных диодов, но также позволяют сравнивать и находить аналоги (прототипы), необходимые для новой разработки конструкции или для замены импульсных диодов при ремонте.

Основными критериями являются **постоянное** значение **прямого напряжения** ($U_{пр}$) при заданном прямом токе, **емкость** между выводами **диода** ($C_д$) при заданном смещении ($U_{обр}$ = 5 В), максимальное (**импульсное прямое**) падение напряжения ($U_{пр}$) на диоде при заданной величине импульсного прямого тока, максимально допустимое **обратное напряжение** ($U_{обр}$) на диоде любой формы и периодичности, максимально допустимое значение постоянного или среднего **прямого тока** ($I_{пр}$), максимально допустимый **прямой ток** ($I_{пр.имп}$) через диод с оговоренной максимальной длительностью импульса, при которых обеспечивается заданная надежность диода при длительной работе.

Время от момента прохождения тока через ноль при переключении диода с прямого тока на импульсное обратное напряжение до момента, когда обратный ток диода уменьшается до заданного уровня, называют **временем восстановления обратного сопротивления** ($t_{вос.обр}$).

Постоянный обратный ток ($I_{обр}$) для кремниевых диодов не превышает единиц микроампер (у германиевых диодов он составляет единицы или сотни микроампер).

6.2.2. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА ИМПУЛЬСНЫХ И ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ДИОДОВ

Как зарубежные, так и отечественные производители для обозначения импульсных полупроводниковых приборов в миниатюрных корпусах (КД-2, КД-4, DO-204, DO-201 и т. д.) широко используют цветовую маркировку. Она наносится на корпус диода в виде колец или точек.

Дополнительно, если цвета полос (точек) импульсных диодов совпадают, разные типы различают цветом окраса корпуса.

Отечественные производители маркировку импульсных и высокочастотных диодов осуществляют без какой-либо системы, в отличие от

Таблица 6.2.1. Цветовая маркировка импульсных и ВЧ диодов

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка со стороны		Тип диода	$I_{пр.}$, А	$U_{обр.}$, В
	анода (+)	катода (–)			
	зеленое кольцо	красная точка на корпусе	Д219А	0,05	70
	синяя точка		Д220		50
	черная точка	желтая точка на корпусе	Д220А	0,05	70
	зеленая точка		Д220Б		100
		желтая точка на корпусе	КД409А	0,05	24
		красная точка	КД410А	0,05	1000
		синяя точка	КД410Б		600
		широкое и узкое синее кольцо	КД509А	0,1	50
		узкое синее кольцо и точка	2Д509А		50
	две голубых точки		ГД511А	0,015	12
	голубая и желтая точки		ГД511Б		
	голубая и оранжевая точки		ГД511В		
		широкое и узкое зеленое кольцо	КД510А	0,2	50
		зеленое узкое кольцо и точка	2Д510А		
	белая точка		КД519А	0,03	30
	желтая точка		КД519Б		
	широкое синее кольцо		КД521А	0,05	75
	широкое серое кольцо		КД521Б		50
	широкое желтое кольцо		КД521В		30
	широкое белое кольцо		КД521Г		120
	черное широкое и узкое кольцо		КД522А	0,1	30
	черное широкое и два узких кольца		КД522Б		50
	черное широкое кольцо		2Д522Б		50

зарубежных. Цветные маркировочные полосы или точки могут располагаться как со стороны катода, так и со стороны анода диода.

Очень часто при ремонте как отечественной, так и зарубежной аппаратуры приходится сталкиваться с цветной маркировкой на миниатюрных корпусах. Информация о цветовой маркировке импульсных и высокочастотных диодов, которая собиралась автором в течение многих лет из справочных и рекламных материалов, отражена в приведенной табл. 6.2.1.

6.3. СТАБИЛИТРОНЫ И СТАБИСТОРЫ

Полупроводниковый диод, напряжение на котором (в области электрического пробоя при обратном смещении) слабо зависит от тока в заданном диапазоне, называется стабилитроном. А полупроводниковый диод, напряжение на котором (в области электрического пробоя при прямом смещении) слабо зависит от тока в заданном диапазоне, называется стабистором.

Стабилитроны и стабисторы используются для стабилизации и ограничения напряжения, в параметрических и импульсных источниках питания.

С развитием импульсной и микропроцессорной техники за рубежом нашли широкое применение сапрессоры (от англ. to suppress — подавлять) переходного напряжения или полупроводниковые ограничители напряжения. Это специальные стабилитроны с резко выраженной нелинейной ВАХ, подавляющие импульсные электрические перенапряжения, амплитуда которых превышает напряжение лавинного пробоя диода.

Гасители бросков напряжения (**T**ransient **V**oltage **S**uppressors) применяются для защиты от пробоя входов и выходов различных электронных устройств, при появлении на них выбросов напряжения. Такие выбросы могут возникнуть при подаче на эксплуатируемые устройства внештатного (превышающего) напряжения, при наводках от силовых агрегатов или попадании импульсных помех (всплесков) в линиях приема или передачи информации. Чтобы предохранить чувствительные каскады и обеспечить повышенную надежность устройств, сапрессоры устанавливают практически в любой аппаратуре. Одним из основных производителей сапрессоров переходного напряжения за рубежем является фирма General Semiconductor, которая выпускает более 500 типов полупроводниковых ограничителей напряжения.

6.3.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТАБИЛИТРОНОВ И СТАБИСТОРОВ

Специфика свойств работы этой группы диодов требует и определенных отличий в параметрах, необходимых для подбора и замены при ремонте.

Одним из определяющих критериев для стабилитронов и стабисторов является величина **напряжения стабилизации ($U_{ст}$)** при протекании тока стабилизации (2...200 В — для стабилитронов, 0,2...2В — для стабисторов), максимально допустимый **ток стабилизации ($I_{ст.макс}$)**, который характеризуется максимальным значением, протекающего через стабилитрон тока в режиме стабилизации. Отношение наибольшего изменения напряжения стабилизации к начальному значению за заданный интервал времени (1...1,5% — для стабилитронов общего назначения) определяет временную **нестабильность напряжения стабилизации ($dU_{ст}$)**, а отношение малого приращения напряжения стабилизации к малому приращению тока стабилизации (угол наклона ВАХ в области пробоя) характеризует **дифференциальное сопротивление ($Z_{ст}$)**, т. е. качество стабилизации.

Сапрессоры переходного напряжения (полупроводниковые ограничители напряжения) обладают самым высоким быстродействием из всех ограничителей подобного функционального назначения. Время срабатывания несимметричных ограничителей напряжения составляет единицы пикосекунд, а для симметричных — единицы наносекунд. Следующей важной характеристикой ограничителей напряжения является барьерная емкость P—N перехода, которая определяет возможность их применения в цепях высокой частоты.

6.3.2. ЦВЕТОВОЕ КОДИРОВАНИЕ СТАБИЛИТРОНОВ И СТАБИСТОРОВ

Цветовая маркировка полупроводниковых приборов на миниатюрных корпусах в последнее время приобрела широкое распространение среди отечественных и зарубежных производителей. Количеством цветных колец и точек

Таблица 6.3.1. Цветовая маркировка отечественных стабилитронов и стабисторов

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка со стороны анода (+)	Тип диода	Iпр., А	Uобр., В
	черное широкое кольцо	Д814А1	40	7–8,5
	широкое и узкое черные кольца	Д814Б1	36	8–9,5
	два черных узких кольца	Д814В1	32	9–10,5
	три черных узких кольца	Д814Г1	29	10–12
	белое кольцо	Д814А1	40	7–8,5
	синее кольцо	Д814Б1	36	8–9,5
	зеленое кольцо	Д814В1	32	9–10,5
	желтое кольцо	Д814Г1	29	10–12
	серое кольцо	Д814Д1	24	11,5–14

Таблица 6.3.2. Цветовая маркировка отечественных стабилитронов и стабисторов

Эскиз корпуса	Цветовая маркировка со стороны анода (+)	Тип диода	Iпр., А	Uобр., В
	белое кольцо и черная точка	Д818А	33	9–10,8
	желтое кольцо и черная точка	Д818Б	33	7,2–9
	голубое кольцо и черная точка	Д818В	33	7,6–10,35
	зеленое кольцо и черная точка	Д818Г	33	7,6–10,35
	серое кольцо и черная точка	Д818Д	33	7,6–10,35
	оранжевое кольцо и черная точка	Д818Е	33	7,6–10,35
	красное кольцо и серая точка	КС107А	100	0,63–0,77
	красное широкое, фиолетовое и белое кольца	КС126А	135	2,5–2,9
	оранжевое широкое, черное и белое кольца	КС126Б	125	2,8–3,2
	оранжевое широкое, оранжевое и белое кольца	КС126В	115	3,1–3,5
	оранжевое широкое и два белых узких кольца	КС126Г	95	3,7–4,1
	желтое широкое, фиолетовое и белое кольца	КС126Д	85	4,4–5,0
	зеленое широкое, голубое и белое узкие кольца	КС126Е	70	5,2–6,0
	голубое широкое, красное и белое узкие кольца	КС126Ж	64	5,8–6,6
	голубое широкое, серое и белое узкие кольца	КС126И	58	6,4–7,2
	фиолетовое широкое, зеленое и белое кольца	КС126	53	7,0–7,9
	серое широкое, красное и белое узкие кольца	КС126Л	47	7,7–8,7
	белое широкое, коричневое и белое кольца	КС126М	43	8,5–9,6

(а возможно, их сочетанием) осуществляют маркировку различных типов стабилитронов. Для зарубежных полупроводниковых диодов (см. цветные вкладки 19, 20, 22) метку в виде колец ставят у катодного вывода, а если их несколько — то их счет ведется также от катода. Отечественные же производители цветные маркировочные полосы или точки могут располагать как со стороны катода, так и со стороны анода стабилитрона и (или) дополнительно вводят различия в цветах окраса корпуса.

В приведенных выше таблицах отражены отличия в цветовой маркировке стабилитронов и стабисторов различных типов.

6.4. ВАРИКАПЫ

Полупроводниковый диод, действие которого основано на использовании зависимости емкости от обратного напряжения, называется варикапом.

Свойство емкости P—N перехода изменять свою величину при изменении внешнего напряжения связано с наличием объемного заряда в области потенциального барьера P—N перехода. Поэтому варикапы используются в качестве элемента с электрически управляемой емкостью.

6.4.1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВАРИКАПОВ

Основными параметрами варикапа, характеризующими его как полупроводниковую нелинейную емкость, является **емкость ($C_{ном}$)** между выводами при номинальном напряжении смещения и минимальная (максимальная) емкость варикапа при заданном минимальном (максимальном) напряжении смещения. **Коэффициент перекрытия (K_c)** определяет отношение максимальной емкости диода к минимальной, а температурный коэффициент емкости (ТКЕ) определяет относительное изменение емкости варикапа при заданном напряжении смещения при изменении температуры окружающей среды на 1°С в заданном интервале температур.

Отношение реактивного сопротивления варикапа к полному сопротивлению потерь при номинальном напряжении смещения на заданной частоте является **номинальной добротностью ($Q_{ном}$)** варикапа, а относительное изменение этой добротности при заданном напряжении смещения при изменении температуры окружающей среды на 1°С в заданном интервале температур есть не что иное, как **температурный коэффициент добротности** (ТКД).

Максимальное мгновенное значение переменного напряжения, при котором сохраняется заданная надежность варикапа, является **максимально допустимым напряжением ($U_{макс}$)**.

6.4.2. ЦВЕТОВОЕ КОДИРОВАНИЕ ВАРИКАПОВ

Для варикапов, из-за неодинаковой конструкции корпусов, цветовая маркировка сводится к метке цветной точкой катодного вывода или общего вывода для матриц.

Для варикапов зарубежных производителей маркировка миниатюрных корпусов осуществляется так же, как и других полупроводниковых диодов (см. цветные вкладки 19 — 22). Метку в виде колец ставят у катодного вывода, а если их несколько — то их счет ведется также от катода.

В приведенных ниже таблицах отражены отличия в цветовой маркировке варикапов различных типов. Корпуса всех варикапов пластмассовые, а КВ128 и КВ129 — стеклянные. Маркировку различий групп

варикапов (КВ102А – КВ102Д, КВ104А – КВ104Е) наносят на индивидуальную и (или) групповую тару. Для варикапов КВ109, КВ121 маркировочную метку допускается наносить на боковую поверхность корпуса.

Таблица 6.4.1. Цветовая маркировка варикапов и сборок

Эскиз корпуса	Цвет точки у анода	Тип	$C_{ном}$, пФ	Q
	белая	КВ102(А–Д)	14–40	40(100)
	оранжевая	2В102(А–Ж)	20–37	40–100
	оранжевая	КВ104(А–Е)	90–192	100–150
	белая	2В104(А–Е)	90–192	100–150
	белая	КВ109А	2,3–2,8	300
	красная	КВ109Б	2–2,3	300
	зеленая	КВ109В	8–16	160
	нет	КВ109Г	8–17	160
	белая	КВС111А	29,7–36,3	200
	оранжевая	КВС111Б	29,7–36,3	150
	белая	2В113А	54,4–81,6	300
	желтая	КВ113А	54,4–81,6	300
	оранжевая	2В113Б	54,4–81,6	300
	зеленая	КВ113Б	54,4–81,6	300
	синяя	КВ121А	4,3–6	200
	желтая	КВ121Б	4,3–6	150
	оранжевая	КВ122А	2,3–2,8	450
	фиолетовая	КВ122Б	2,0–2,3	450
	коричневая	КВ122В	1,9–3,1	300
	белая	КВ123А	2,6–3,8	250
	зеленая	КВ124А	27	200
	белая	КВ124В	8	200
	красная	КВ128	22–28	300
	черная	КВ129	7,2–10,8	50
	белая	КВ132	25,6–39,6	300
	красная	КВ131А	486–594	200
	белая	КВ135А	486–594	150

Таблица 6.4.2. Цветовая маркировка варикапов и сборок

Эскиз корпуса	Цвет точки у анода	Тип	Сном., пФ	Q
	зеленая	2В124Б	10	
	белая	КВ127А	230–280	140
	красная	КВ127Б	230–260	
	желтая	КВ127В	260–320	
	зеленая	КВ127Г	230–320	
	красная	КВ130	3,7–4,5	300
	желтая	КВ134	18–22	400
	две белых	КВ138А	16–20	200
	две красных	КВ138Б	17–21	200

6.5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ЗАМЕНЕ ДИОДОВ

Прежде всего, необходимо заметить, что для успешной замены элементов конструкции нужно хорошо представлять принцип ее работы, уметь оценивать предельные характеристики (токи, напряжения и т. д.), которые определяют режимы работы различных узлов.

В общем случае дать рекомендации по замене любых диодов практически невозможно. Далее подойдет лишь общее утверждение, что замена заведомо не ухудшит параметров устройства, если заменяющий элемент имеет одновременно лучшие, чем оригинал, характеристики сразу по целому комплексу данных (по предельно допустимым токам и напряжениям, по предельно допустимой рассеиваемой мощности, по частотным и шумовым свойствам и т. д.).

При замене диодов в большинстве случаев бывает достаточно оценить воздействующее на диод обратное напряжение (постоянное или импульсное), протекающий через него прямой ток (постоянный и (или) импульсный), допустимый обратный ток (или обратное сопротивление диода) и, наконец, максимальные частоты воздействующих на диод сигналов.

Диоды, шунтирующие обмотки реле, предназначены для защиты транзисторов от пробоя из-за ЭДС самоиндукции, возникающей при обесточивании реле. Они должны иметь максимально допустимое обратное напряжение не менее 25 В (обычно напряжение источника питания этой части конструкции), тогда как частотные свойства не являются существенными.

Такой параметр диода, как обратный ток, существенен лишь в тех случаях, когда диод должен надежно развязывать элементы устройства в закрытом состоянии. Примером может служить пиковый вольтметр

(в последнее время все чаще используется в индикаторах уровня записи магнитофонов).

Обратное сопротивление диода может существенно влиять на постоянную времени цепи разрядки.

Прямое падение напряжения на диоде важно в основном, когда он используется как элемент стабилизации низкого напряжения (0,5–2 В). Как известно, для кремниевых диодов оно лежит обычно в пределах 0,5–1,0 В, у германиевых составляет всего лишь доли вольта.

При выборе ограничителя напряжения необходимо учитывать, что при всех условиях эксплуатации аппаратуры номинальное напряжение защищаемых цепей (в различных схемах радиоэлектронной аппаратуры), с учетом допустимых отклонений, не допускается превышать максимально допустимого постоянного (импульсного) обратного напряжения (напряжения удержания), применяемого ограничителя (80% от номинального напряжения пробоя защищаемой цепи). Энергия импульса перенапряжения определяет выбор ограничителя напряжения с соответствующей максимально допустимой постоянной (импульсной) мощностью. При этом допускается последовательное и параллельное соединение приборов, которые в последнем случае подбираются по напряжению пробоя. А поскольку габариты и стоимость полупроводниковых ограничителей напряжения (ПОН) увеличиваются с повышением его импульсной мощности, то необходимо иметь представление о параметрах того переходного напряжения, от которого ПОН защищает предполагаемые цепи.

В высокочастотных цепях для снижения барьерной емкости полупроводникового ограничителя напряжения последовательно с ним включают импульсный диод с малой собственной емкостью.

Виды применяемых корпусов диодов и сборок представлены в приложении 5. Взаимозаменяемость распространенных импортных стабилитронов по рассеиваемой мощности, напряжению стабилизации и типу корпуса собраны в таблице (см. приложение 6).

7. ТРАНЗИСТОРЫ

Транзисторы — это полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

Отдельные параметры и температурная стабильность кремниевых транзисторов значительно лучше, чем у германиевых, да и себестоимость получения чистого кристалла германия выше. Поэтому кремниевые транзисторы получили широкое распространение, а германиевые транзисторы применяются в электронных схемах, где разброс параметров имеет решающее значение.

Различия между ВЧ и СВЧ транзисторами во многом определяются размерами активных областей и величинами паразитных параметров структуры и корпуса. Поэтому критерием ВЧ и СВЧ транзисторов, как активных элементов, является их способность осуществлять усиление мощности на высоких частотах. Для характеристики этой способности используется максимальная частота генерации f_{max}.

7.1. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими переходами, усилительные свойства которого обусловлены явлениями инжекции («впрыскивания») и экстракции («отсасывания») неосновных носителей зарядов, называется биполярным транзистором.

Биполярный транзистор содержит два P-N перехода. Один из них соединяет базу с эмиттером (эмиттерный переход), другой — базу с коллектором (коллекторный переход).

Главным отличительным признаком биполярных транзисторов является то, что для обеспечения их нормальной работы необходимо иметь носители зарядов двух видов и противоположных знаков (электроны и дырки). В основе функционирования биполярного транзистора лежит инжекция неосновных носителей заряда, а основные свойства определяются процессами в базе. Если область базы транзистора обладает электронной проводимостью, то такой транзистор является P-N-P типа, а имеющий базу с дырочной проводимостью — N-P-N типа.

Существует несколько способов включения биполярного транзистора (с общей базой, с общим эмиттером, с общим коллектором). Самой распространенной схемой включения биполярного транзистора в устройствах полупроводниковой электроники является схема с общим эмиттером (ОЭ).

7.1.1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Основным параметром биполярного транзистора является **коэффициент усиления (передачи) по току.** Коэффициент усиления характеризует собой связь между выходными и входными токами транзистора.

Частотные свойства биполярного транзистора определяются временем пролета неосновных носителей заряда через базу и временами перезаряда барьерных емкостей переходов. Относительная роль этих факторов зависит от конструкции и режима работы транзистора, а также от величин сопротивлений во внешних цепях.

Коэффициент шума $F_ш$ представляет собой отношение полной мощности шумов на выходе структуры к той ее части, которая вызвана шумами источника сигнала.

Применяемая на практике режимная граница использования транзистора, определяемая помимо физической границы некоторыми соображениями технико-экономического характера, является предельно допустимым режимом, приводимым в справочниках и ТУ. На практике это означает введение **коэффициента запаса.**

В табл. 7.1.1 приведены буквенные обозначения основных параметров транзисторов, описанные в отечественной и зарубежной справочной технической литературе.

Таблица 7.1.1. Буквенные обозначения основных параметров

Наименование параметра	Обозначение параметра транзистора	
	отечественное	зарубежное
Напряжения между выводами транзисторов: база-коллектор база-эмиттер	 $U_Б$ $U_{БЭ}$	 U_{CB} U_{BE}
коллектор-эмиттер	U_{KE}	U_{CE}
Постоянное напряжение коллектор-эмиттер при заданном сопротивлении в цепи база-эмиттер	$U_{КЭR}$	U_{CER}
Постоянное напряжение коллектор-эмиттер при разомкнутой цепи базы	$U_{КЭО}$	U_{CEO}
Максимально допустимое постоянное напряжение коллектор-эмиттер	$U_{КЭмакс}$	U_{CTmax}
Постоянный ток выводов транзисторов: базы коллектора эмиттера	 $I_Б$ I $I_Э$	 I_B I_C I_E
Максимально допустимый ток коллектора	$I_{Kмакс}$	I_{Cmax}
Обратный ток коллектора	$I_{КОБ}$	I_{CR}
Обратный ток эмиттера	$I_{ЭОБ}$	I_{ER}
Коэффициент усиления по току	$h_{21Э}$	h_{fe}

7.2. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Полупроводниковый прибор, управляемый электрическим полем, усилительные свойства которого обусловлены потоком основных носителей, протекающими через проводящий канал, называется полевым транзистором.

Основой полевого транзистора является канал с электропроводностью N или Р-типа, созданный в полупроводнике и снабженный двумя выводами. Сопротивлением канала управляет электрод (затвор), соединенный с его средней частью P-N переходом. Электрод, через который в проводящий канал втекают носители заряда, называют истоком, а электрод, через который из канала вытекают носители заряда называют стоком.

Ток полевого транзистора обусловлен носителями заряда только одной полярности. Наиболее характерной чертой полевых транзисторов является высокое входное сопротивление.

Существует два вида полевых транзисторов, которые различаются принципами управления носителями заряда. Это транзисторы с изолированным затвором (МДП) и транзисторы с управляющим P-N переходом.

Принцип действия полевого транзистора с P-N переходом основан на изменении сопротивления активного слоя (канала) путем расширения P-N перехода при подаче на него напряжения обратного смещения. Частотные свойства полевых транзисторов с п-каналом, как правило, оказываются лучше, чем транзисторов с р-каналом.

МДП-транзистор (**М**еталл–**Д**иэлектрик–**П**олупроводник) иногда называют транзистором с изолированным затвором или МОП-транзистором (**М**еталл–**О**кисел–**П**олупроводник). В основе принципа действия МДП-транзистора лежит эффект поля, представляющий собой изменение величины и знака электропроводности на границе полупроводника с диэллектриком под действием приложенного напряжения.

Транзисторы с изолированным затвором имеют затвор, электрически изолированный от проводящего канала, и подразделяются, в свою очередь, на транзисторы с встроенным и индуцированным каналами. В зависимости от полярности напряжения, приложенного к затвору, электропроводность канала полевого транзистора может уменьшаться (при подаче запирающего напряжения канал работает в режиме обеднения основными носителями) или увеличиваться (канал работает в режиме обогащения).

Конструктивным вариантом полевых транзисторов является двухзатворный транзистор (МДП-тетрод), в котором один из затворов выполняет функцию экрана, уменьшающего проходную емкость прибора.

Это дает возможность повысить коэффициент устойчивого усиления каскада с двухзатворным транзистором на высоких частотах.

Существует также несколько способов включения полевого транзистора (с общим затвором, с общим истоком, с общим стоком), которые широко используются в устройствах полупроводниковой электроники.

7.2.1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Основным критерием усилительных свойств полевых транзисторов является крутизна характеристики **S**, определяемая как отношение приращения тока стока ($dI_с$) к приращению напряжения перехода затвор-исток ($dU_{зи}$)

Запирающее напряжение между затвором и истоком, при котором происходит полное запирание транзистора, является напряжением отсечки $U_{ЗИотс}$.

Лавинный пробой P-N переходов затвора является одной из основных причин, ограничивающих использование полевого транзистора по напряжению на стоке, которое уменьшается (по модулю) при возрастании напряжения на затворе.

Инерционность полевого транзистора с P-N переходом обусловлена двумя основными факторами: зарядом барьерной емкости переходов затвора и конечным временем пролета электронов вдоль канала.

Поскольку в полевых транзисторах ток стока обусловлен основными носителями заряда одного знака (только электроны, либо только дырки), параметры транзистора оказываются независящими от времени жизни неосновных носителей заряда в канале. Поэтому полевые транзисторы с P-N переходом характеризуются чрезвычайно низким уровнем собственных шумов, при использовании высокоомных источников сигнала.

Электрические параметры позволяют сравнивать и находить аналоги (прототипы), необходимые для новой разработки конструкции или для замены полевых транзисторов при ремонте. В табл. 7.2.1 приведены буквенные обозначения основных параметров полевых транзисторов, часто встречаемых в отечественной и зарубежной технической литературе.

Таблица 7.2.1. Буквенные обозначения основных параметров

Наименование параметра	Обозначение параметра транзистора	
	отечественное	зарубежное
Ток стока	$I_С$	I_D
Ток истока	$I_И$	I_S
Максимальный ток стока	$I_{Смакс}$	I_{Smax}
Остаточный ток истока	$I_{Иост}$	I_{SDX}
Ток затвора	$I_З$	I_G
Прямой ток затвора	$I_{Зпр}$	I_{GZ}
Напряжение сток-исток	$U_{СИ}$	U_{DS}
Масимальное напряжение сток-исток	$U_{СИмакс}$	U_{DSmax}
Напряжение затвор-исток	$U_{ЗИ}$	U_{GS}
Максимальное напряжение затвор-исток	$U_{ЗИмакс}$	U_{GSmax}
Обратное напряжение затвор-исток	$U_{ЗИобр}$	U_{GSR}
Напряжение отсечки полевого транзистора	$U_{ЗИотс}$	$U_{GS(OFF)}$
Сопротивление сток-исток в открытом состоянии	$R_{СИоткл}$	$R_{DS(ON)}$
Сопротивление сток-исток в закрытом состоянии	$R_{СИзак}$	$R_{DS(OFF)}$
Крутизна характеристики полевого транзистора	S	gfs
Максимальная рассеиваемая мощность на стоке	$P_{Смакс}$	P_{Dmax}

7.3. МАРКИРОВКА БИПОЛЯРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

При стандартной маркировке транзисторов для навесного и печатного монтажа, которые выпускаются в корпусах различного типа (см. приложение 7), наносится информация о производителе, типе, группе и дате выпуска (см. вкладки на с. 159 – 161).

В основу отечественной системы обозначений и маркировки современных типов транзисторов положен буквенно-цифровой код, установленный отраслевым стандартом ОСТ 11 336.919-81, и базируется на ряде классификационных признаков. Кодовая (символьная) маркировка наносится на отечественные транзисторы в корпусах КТ-26 (ТО-92), КТ-27-2 (ТО-126) и КТ-29 (SOT-37).

7.3.1. МАРКИРОВКА БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ И СИМВОЛЬНАЯ

Тип транзистора обозначается буквенно-цифровым кодом или особым символом (с помощью мнемоники в виде геометрических фигур), группа – буквенным символом русского алфавита, а дата изготовления (табл. 7.3.1) – буквами латинского алфавита (месяц – цифрами от 1 до 9).

Таблицв 7.3.1. Буквенно цифровой код даты изготовления

Код	R	S	T	U	V	W	X	A	B
Год	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Код	C	D	E	F	H	J	K	L	N
Год	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000

При сокращенной маркировке опускается дата изготовления, а тип может указываться в сокращенном виде (см. вкладки на с. 166 — 171).

Из-за отсутствия единого стандарта в странах СНГ и ближнего зарубежья можно встретить транзисторы одного типа и группы, которые маркируются по-разному, или на разные транзисторы наносят одинаковую символику или код. Отличается подобная маркировка дополнительной окраской торцевой поверхности или конструктивным исполнением (взаимным расположением или длиной последовательно расположенных выводов).

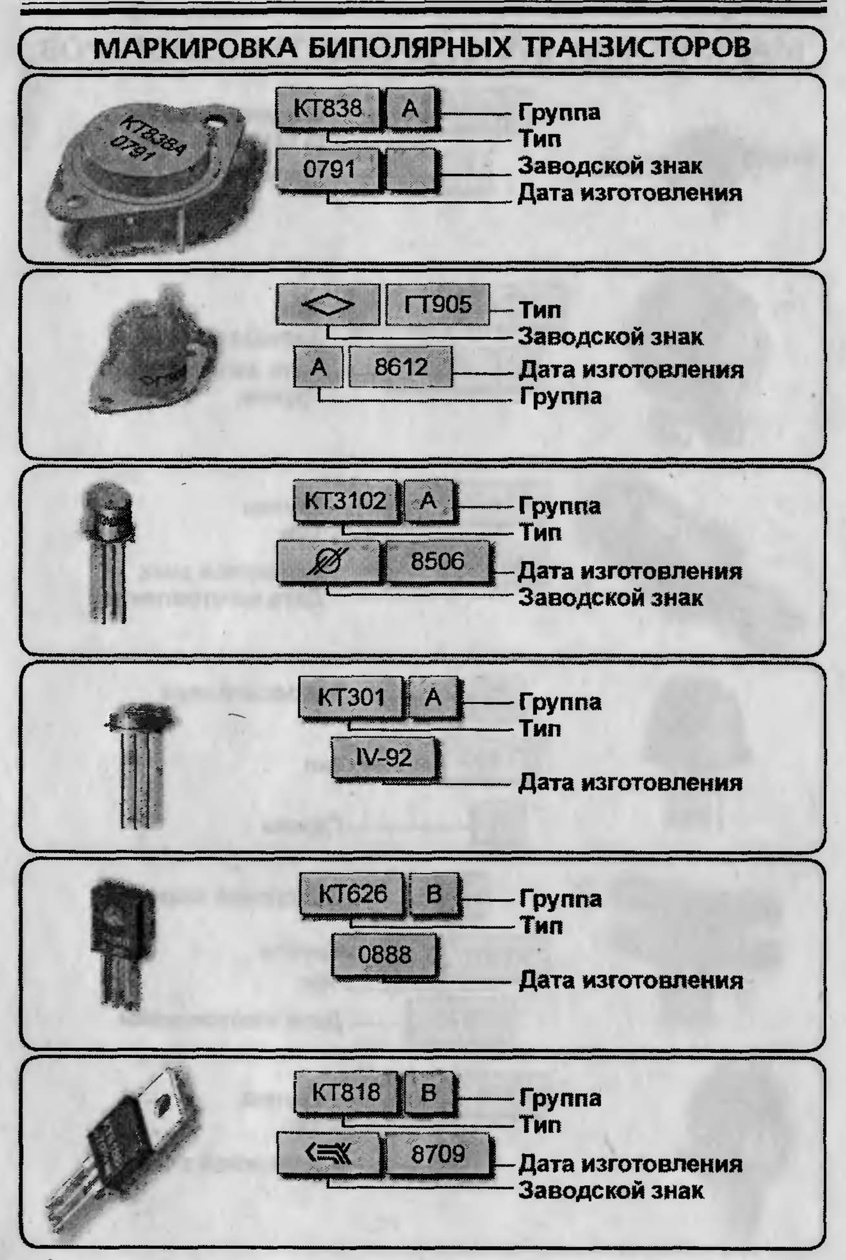
Обычно зарубежные фирмы-изготовители устанавливают свою произвольную систему либо придерживаются одной или нескольких общепринятых систем обозначения (JEDEC, Pro-Electron, JIS-C-7012), описанных более подробно в гл. 5.

В основном это относится к транзисторам со встроенными резисторами, диодами (фирма NEC для транзисторов со встроенными резисторами при структуре n-p-n использует обозначения AA, AB, AC, BA, BB, CE, FA, FB; при структуре p-n-p — AN, AP, AQ, AR, BN, BP, FN, FD и др.; изделия фирмы Rhom имеют обозначения DTA, DTB, DTC, DTD; транзисторные сборки фирмы Matsushita — PU, XN; фирмы Tosiba — RN, HN и т. д.). Следует особо обратить внимание, что существует большое число транзисторов, обозначения которых не соответствуют приведенным выше и устанавливаются самими производителями. Следует также иметь в виду, что обозначения транзисторов в документации и на схемах отличаются от маркировки на корпусах (так, в маркировке часто отсутствуют первые два-три знака — **2S**C3310 = C3310; **2S**C3399 = 3399; **DT**C143 = C143 и т. д.). Если корпус транзистора мал, то в сокращенной маркировке первая цифра и буква «N» не ставятся.

На корпусах транзисторов японская и корейская маркировки нередко одинаковы (южнокорейская компания LG-Electronics, бывшая Gold Star, на принципиальных схемах своей продукции часто употребляет наименования **КТ**С, **КТ**А и др., которые соответствуют японским **2S**C, **2S**A и т. д.), что указывает и на соответствие параметров.

Более подробную расшифровку всех элементов полного наименования зарубежных биполярных транзисторов можно найти в справочной литературе либо на сайтах производителей.

МАРКИРОВКА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ



МАРКИРОВКА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ



МАРКИРОВКА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ



7.3.2. ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА

Полная и сокращенная цветовая маркировка транзисторов малой и средней мощности, изготовленных в корпусах КТ-29 (SOT-37), КТ-26 (ТО-92), выполняется путем нанесения точек различных цветов (см. цветные вкладки 23 и 24).

При полной цветовой (точечной) маркировке на корпус транзистора наносится тип, группа, дата выпуска. При сокращенной маркировке дату выпуска опускают, указывая ее только на вкладыше упаковки.

В приведенных ниже табл. 7.3.2 отражены отличия в цветовой маркировке СВЧ транзисторов различных типов, применяемых в селекторах каналов и антенных усилителях.

Таблица 7.3.2а. Маркировка ВЧ и СВЧ биполярных транзисторов

Тип транзистора	Цветовая маркировка	Fгр., ГГц	Кш, дБ	Uкэ, В
2Т371А	синяя точка	3,6	4	10
КТ371А	две синие точки	3	5	10
КТ371АМ	две синие полосы	3	5	10
2Т372А	зеленая точка	4,35	2,9	15
2Т372Б	черная точка	4,8	3,5	15
2Т372В	белая точка	5,4	3,8	15
КТ372А	две зеленые точки	4,35	2,9	15
КТ372Б	две черные точки	4,8	3,5	15
КТ372В	две белые точки	5,4	3,8	15
2Т382А	черная точка	1,8	3	15
2Т382Б	красная точка	2,25	4,5	15
КТ382А	две черные точки	1,8	3	15
КТ382Б	две красные точки	2,25	4,5	15
1Т387А-2	черная точка	3	2,5	10
1Т387Б-2	белая точка	4	3	10
2Т391А-2	черная точка	6	3,5	15
2Т391Б-2	белая точка	4	5,2	15
КТ391А-2	две черные точки	6	3,5	15
КТ391Б-2	две белые точки	4	5,2	15
КТ391В-2	две синие точки	3	6	15
КТ396А9	зеленая точка	0,3	–	15
КТ3106А9	синяя точка	0,12	–	15

Продолжение табл. 7.3.2а

Тип транзистора	Цветовая маркировка	Fгр., ГГц	Кш, дБ	Uкэ, В
КТ3109А	розовая и белая точка	0,8	6	20
КТ3109Б	желтая и белая точка	0,8	7	20
КТ3109В	синяя и белая точка	0,6	8	20
1Т3110А-2	зеленая точка	2,5	7,5	10
2Т3115А-2	красная точка	7	4,5	10
2Т3115Б-2	желтая точка	7	4,6	10
КТ3115А-2	красная полоса*	7	4,5	10
КТ3115Б-2	желтая полоса*	7	4,6	10
КТ3115В-2	синяя полоса*	7	6	10
2Т3120А	белая точка	1,8	2,2	15
КТ3120А	две белые точки	1,8	2,2	15
2Т3124А-2	красная точка*	7,5	4,3	10
2Т3124Б-2	желтая точка*	7,5	4,5	10
2Т3124В-2	черная точка*	7,5	3,3	10
2Т3132А-2	синяя точка*	6,5	2,3	10
2Т3132Б-2	красная точка*	6,5	4,3	10
2Т3132В-2	желтая точка*	6,5	4,5	10
2Т3132Г-2	черная точка*	6,5	3,3	10
2Т655А9	символ 2А	0,2	–	120
2Т655Б9	символ 2Б	0,2	–	120
2Т664А-9	символ 1А	0,14	–	120
2Т664Б-9	символ 1Б	0,14	–	120
2Т671А-2	символ Т (черная цветом)	2 – 8,5	2	13
2Т682А-2	символ V и синяя точка*	4,4 – 5,7	2,5	10
2Т682Б-2	символ V и черная точка*	4,4 – 5,7	3	10
2Т687АС-2	черная точка	0,3	–	70
2Т687БС-2	белая точка	0,3	–	60
2Т691А	символ (+) черным цветом	3	2	40
2Т9137А	символ Р	4 – 5,5	3,5	22
КТ9145А9	символ 6А	0,07	–	500
КТ9144А9	символ 5А	0,04	–	500

Таблица 7.3.26. Маркировка ВЧ и СВЧ полевых транзисторов

Тип транзистора	Цветовая маркировка	Fгр., ГГц	Кш, дБ	Uси, В
2П312А	желтая точка	0,4	2	25
2П312Б	синяя точка	0,4	3	25
КП312А	две желтые точки	0,4	2	25
КП312Б	две синие точки	0,4	3	25
КП320А-2	красная точка	8	4	4
КП320Б-2	зеленая точка	8	5	4
КП323А-2	кодовый знак + черная точка	0,4	4	20
КП323Б-2	кодовый знак + синяя точка	0,4	4	20
3П324А-2	красная точка	12	3,3	4
3П324Б-2	синяя точка	12	4,9	4
3П325А-2	черная полоса	8	2	2,5
КП325А-2	черная полоса + черная точка	8	2	2,5
3П326А-2	без маркировки	17,4	4,5	2,5
3П326Б-2	черная точка	17,4	5,5	2,5
КП326АМ	две желтые точки	17,4	4,5	2,5
КП326БМ	желтая точка	17,4	5,5	2,5
КП327А	белая точка	0,8	3,9	14
КП327Б	две белые точки	0,2	2,8	14
КП327В	красная точка	0,8	4,5	14
КП327Г	две красные точки	0,2	3,0	14
КП327АМ	белая точка	0,8	4,5	18
КП327БМ	две белые точки	0,8	3	18
КП328А-2	черная точка	8	4,5	6
КП329А	цветная точка	0,2	–	50
КП329Б	две цветные точки	0,2	–	50
3П330А-2	без маркировки	17,4	6	3
3П330Б-2	белая точка	17,4	4,5	3
3П330В-2	черная точка	17,4	3,5	3
3П343А-2	две черные точки	12	2	3,5
3П344А-2	черная точка	4	1	4,5
КП346А-9	белая точка	0.8	3,5	14
КП346Б-9	желтая точка	0.8	4,5	14

Продолжение табл. 7.3.26

Тип транзистора	Цветовая маркировка	Fгр., ГГц	Кш, дБ	Uси, В
КП346В-9	без маркировки	0,2	1,9	14
3П606А-2	черная точка	12	4	8
3П606Б-2	две черные точки	12	6	8
3П606В-2	три черные точки	12	5	8
3П608А-2	желтая точка	26	5	7
3П608Б-2	две желтые точки	26	6	7
3П608В-2	зеленая точка	26	7	7
3П927А-2	красная точка	17	3,5	7
3П927Б-2	белая точка	17	5,5	7
3П927В-2	черная точка	17	5,3	7
3П927Г-2	красная и белая точка	17	3.3	7
3П927Д-2	красная и черная точка	26	3,5	7

Примечание: *Тип транзистора и цветовая маркировка указывается на ярлыке упаковочной тары.*

** Маркировка наносится у базового вывода транзистора.*

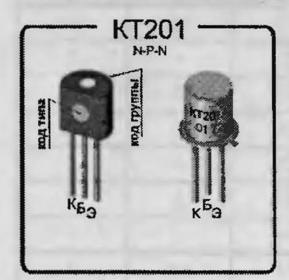
7.4. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ

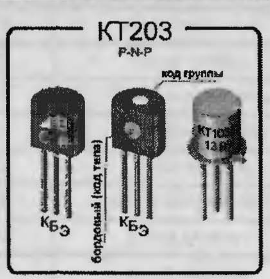
Для коммутации больших токов в таких областях, как мощные высоковольтные коммутаторы, устройства управления двигателями, преобразователи энергии, бесперебойные источники питания и сварочные аппараты, все чаще применяются биполярные транзисторы с изолированным затвором IGBT (**I**nsulated **G**ate **B**ipolar **T**ransistor). В настоящее время они вытесняют мощные биполярные и составные транзисторы (схемы Дарлингтона).

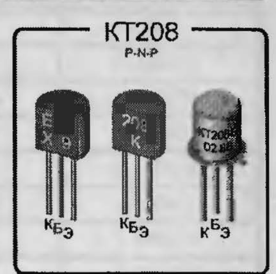
IGBT — транзисторы, как правило, имеют упрощенную схему запуска, сравнимую (с используемыми ранее транзисторами), меньшую мощность рассеивания и более высокие рабочие частоты. Специальные интегральные схемы драйверов серии IR21xx, выпускаемые фирмой International Rectifier, являются интерфейсными схемами, которые обеспечивают формирование управляющих сигналов на затворы IGBT транзисторов из логических сигналов схемы управления. ИС драйверов не требуют громоздкой обвязки навесными компонентами и используют источник питания 15 В.

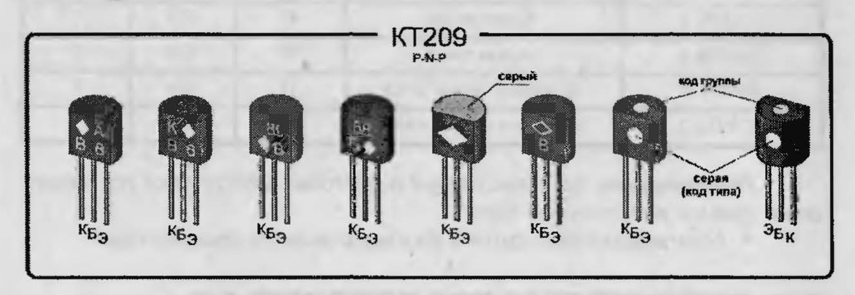
Следует обратить особое внимание на то, что прямое управление затворами транзисторов с выходов интегральных схем драйверов допускается

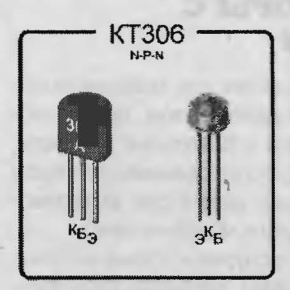
ВИДЫ МАРКИРОВКИ ТРАНЗИСТОРОВ

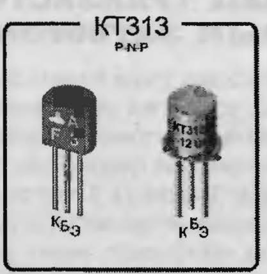


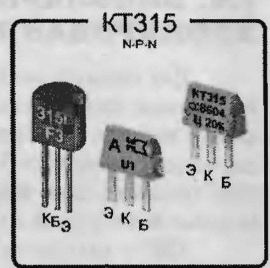


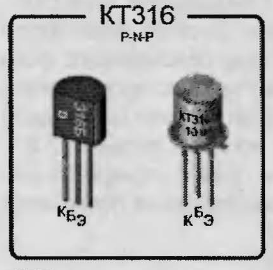


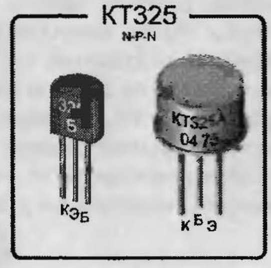


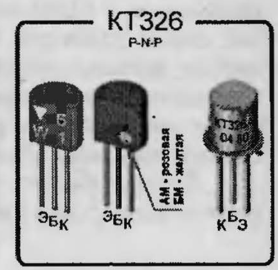




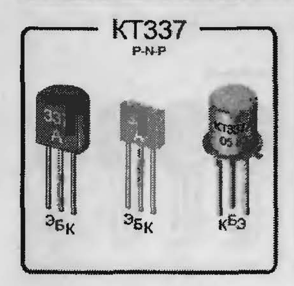


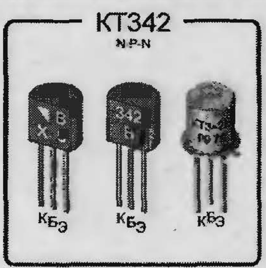


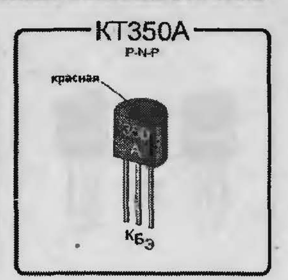


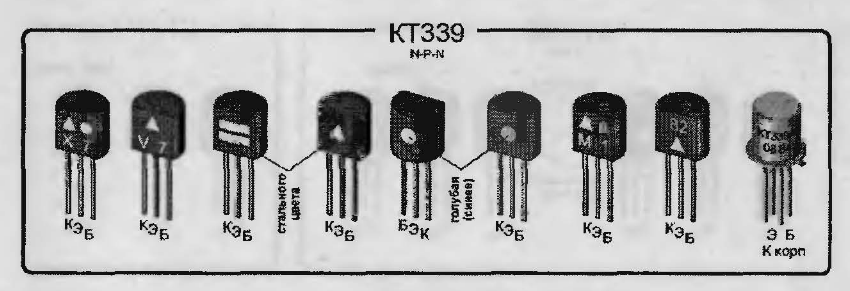


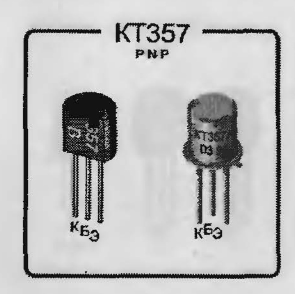
ВИДЫ МАРКИРОВКИ ТРАНЗИСТОРОВ

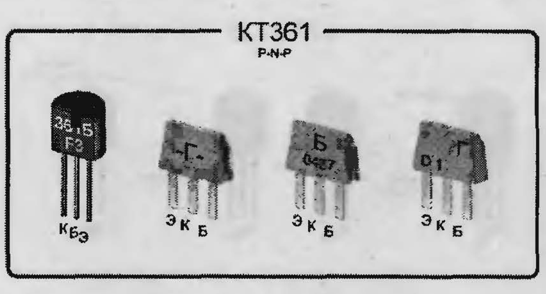


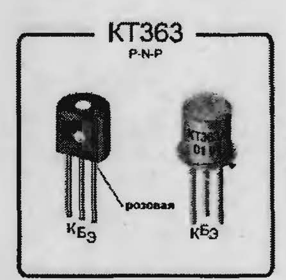


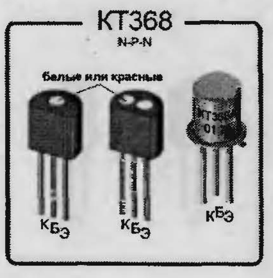


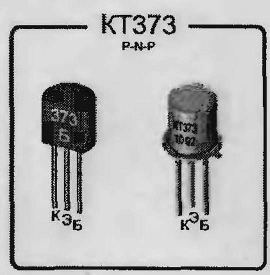




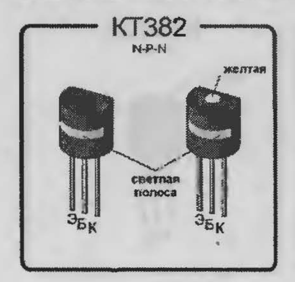


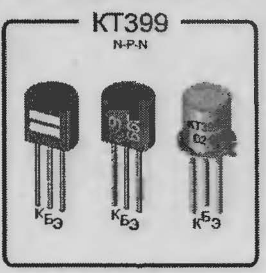


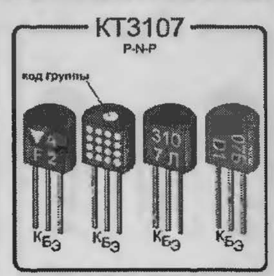


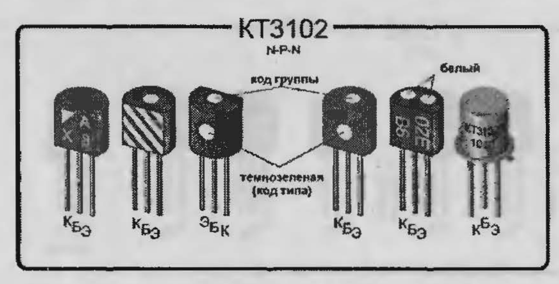


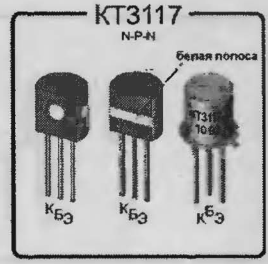
ВИДЫ МАРКИРОВКИ ТРАНЗИСТОРОВ

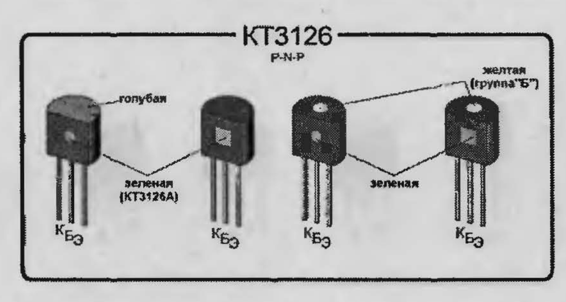


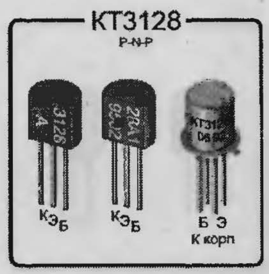


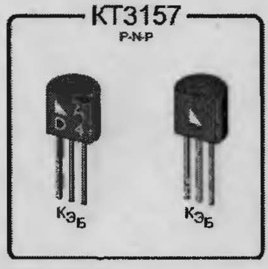


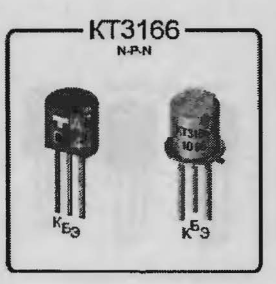


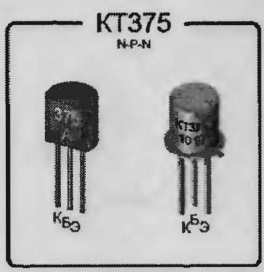




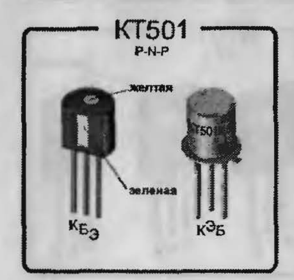


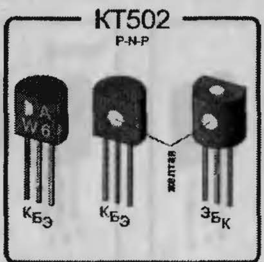


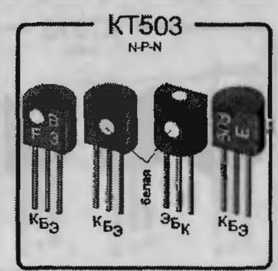


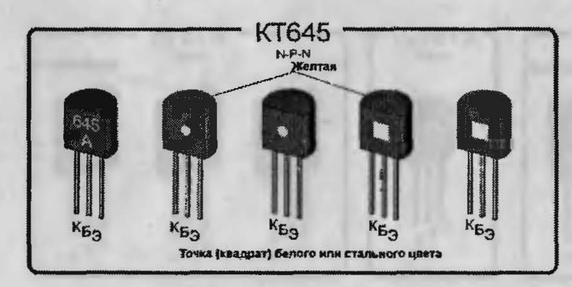


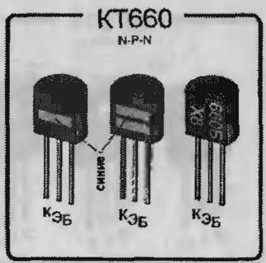
ВИДЫ МАРКИРОВКИ ТРАНЗИСТОРОВ

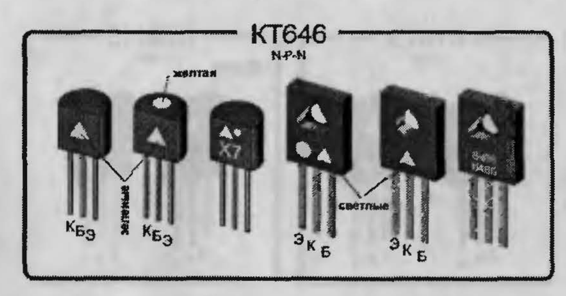


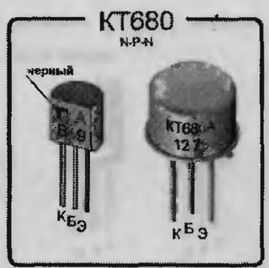


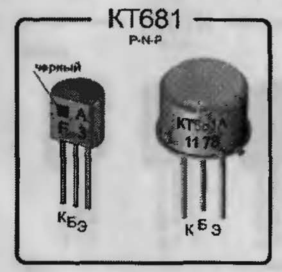


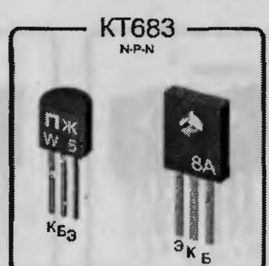


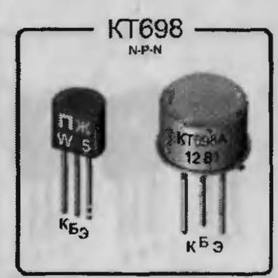




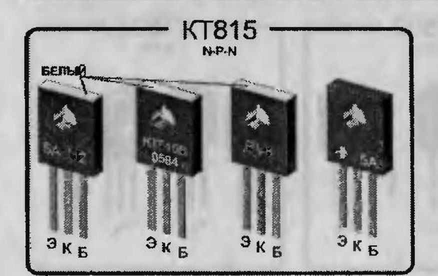


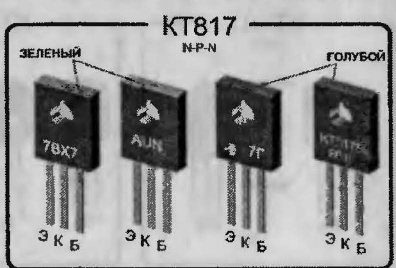


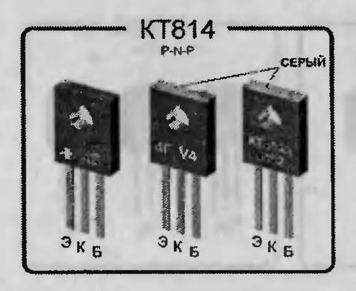




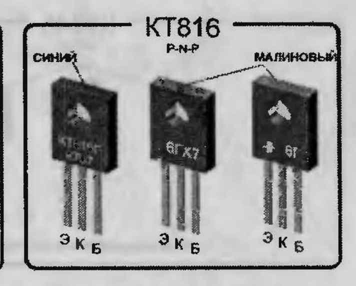
ВИДЫ МАРКИРОВКИ ТРАНЗИСТОРОВ

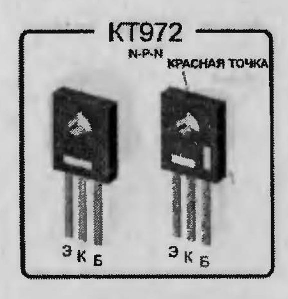


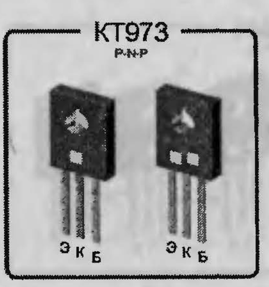


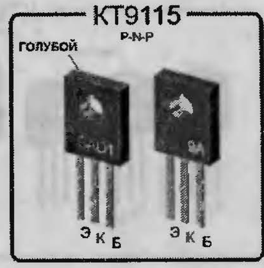


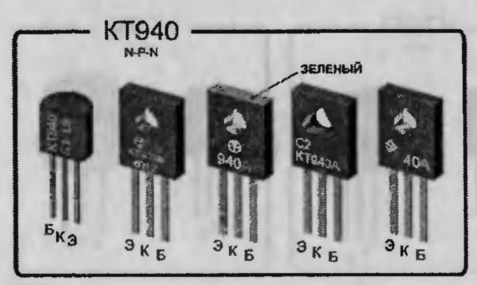


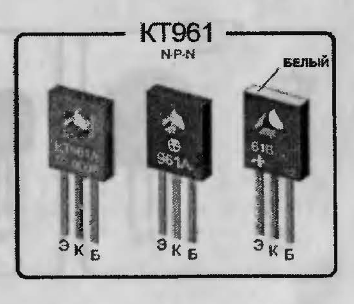


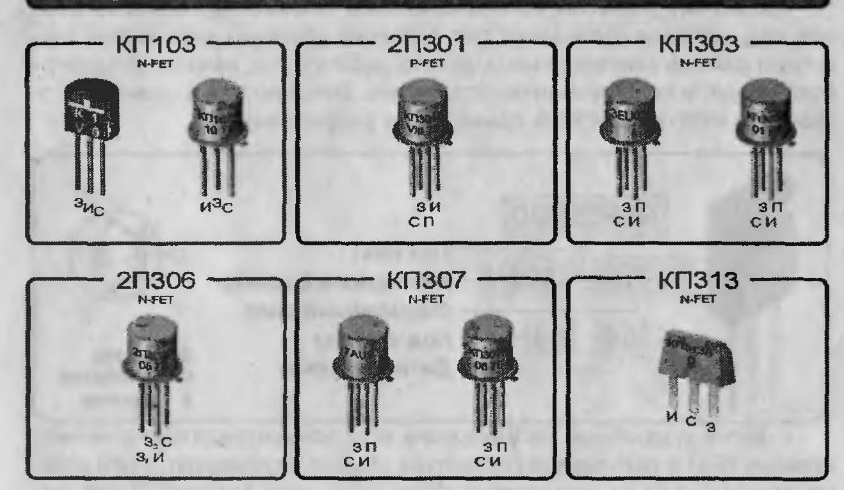












в случае, если коммутируемый транзистором ток не превышает 70 А. В противном случае необходимо использовать буферный каскад.

Дополнительную информацию с необходимыми параметрами и графическими зависимостями для различных режимов работы, а также многочисленные рекомендации по применению можно получить по сети Интернет на официальном WEB-сайте фирмы по адресу: WWW.IRF.COM.

7.4.1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Множество типов IGBT-транзисторов, которые выпускает фирма International Rectifier, можно классифицировать по следующим параметрам.

Величины рабочих напряжений соответствуют шкале: 500 В, 600 В, 900 В, 1200 В.

Ток через транзистор определяет размер кристалла, который в условных единицах указывается при расшифровке типа IGBT-транзистора.

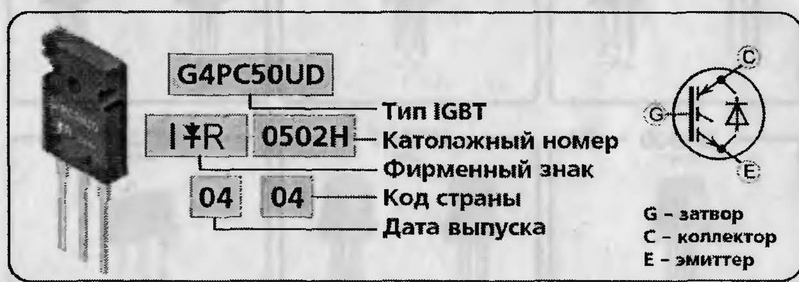
В зависимости от рабочей частоты все выпускаемые IGBT-транзисторы можно условно разделить на три группы: до 1 кГц — стандартные приборы, 3—10 кГц — быстрые, 10—30 кГц — ультрабыстрые.

Наличие или отсутствие встроенного защитного диода дает потребителю гибкость в выборе конкретного типа быстро восстанавливающегося защитного диода (для решения своей конкретной задачи).

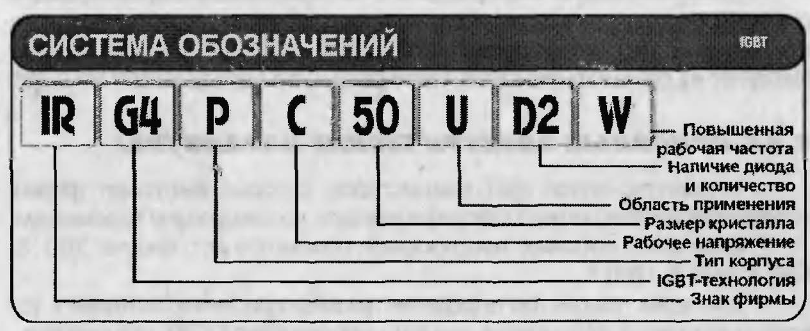
Биполярные транзисторы с изолированным затвором изготавливаются в типовых корпусах (TO220AB или TO247AC).

7.4.2. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ И МАРКИРОВКА

В основу условных обозначений IGBT положен буквенно-цифровой код, которым обозначают тип, значения основных параметров (величина рабочего напряжения и частота, рабочий ток, наличие демпферного диода) и конструктивное исполнение. Внешний вид и схемное обозначение IGBT-транзистора приведен на рисунке ниже.



Более подробную расшифровку всех элементов полного наименования IGBT в популярной литературе обычно не приводят, с ней можно ознакомиться на упомянутом выше сайте сети Интернет. Такая информация нужна в основном для анализа структуры элементов в конструкторских разработках, но для подбора и замены поврежденных компонентов изредка требуется и ремонтному персоналу.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает принадлежность фирме International Rectifier.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) – обозначает код разработки по IGBT-технологии.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает тип корпуса (табл. 7.4.1).

Таблица 7.4.1. Типы корпусов транзисторов

B	TO220AB	P	TO247AC

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает величину рабочего напряжения (табл. 7.4.2).

Таблица 7.4.2. Коды рабочего напряжения

Код	Напряжение	Код	Напряжение
4	500 В	F	900 В
C	600 В	H	1200 В

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает размер кристалла, по величине которого можно косвенно судить о величине тока через транзистор (для температуры 25°С приблизительно можно сопоставить величину тока: размер **2** соответствует току **20 А**, **3 = 30 А**, **4 = 40 А**, **5 = 50 А**).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает область применения (табл. 7.4.3).

Таблица 7.4.3. Код применения транзисторов

Код	Описание
S	стандартный транзистор
F	быстрый транзистор, оптимизирован для преобразования энергии
M	быстрый транзистор, оптимизирован для управления приборами
U	ультрабыстрый транзистор, оптимизирован для преобразования энергии
K	ультрабыстрый транзистор, оптимизирован для управления приборами

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы и цифры) обозначает наличие защитного диода и их количество (при наличии одного диода цифра опускается).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает возможность работы на повышенной рабочей частоте (более 150 кГц). Если данное условие невыполнимо, восьмой элемент в обозначении отсутствует.

7.5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ И ЗАМЕНЕ ТРАНЗИСТОРОВ

Рассмотрим некоторые общие подходы и конкретные ситуации, наиболее часто встречающиеся в ремонтной практике, связанные с заменой полупроводниковых приборов. Причины отказов полупроводниковых приборов в основном связаны с перегрузками по мощности рассеяния, току и напряжению.

Подбор аналогов должен проводиться с учетом конкретной электрической схемы, а не только путем формального сравнения всех параметров приборов в совпадающем или близком режимах измерений. Поэтому не все параметры полупроводниковых приборов будут одинаково важными, а только те, по которым должна быть обеспечена взаимозаменяемость.

При анализе комплекса параметров всей схемы их условно можно разделить на основные (требуется наилучшее сочетание их значений) и второстепенные параметры (значения могут меняться в достаточно широких пределах).

В наиболее тяжелом тепловом режиме из всех полупроводниковых элементов работает ключевой транзистор (электронного коммутатора, преобразователя) и выходной транзистор различных устройств бытовой техники. Вероятность их пробоя (при выходе за установленные нормы параметров питающей электросети) очень высока. При подборе аналога начинают с оценки действующих в узлах устройства токов и напряжений с учетом переменной составляющей. Максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер транзистора должно быть больше, чем максимальное (с учетом переменной составляющей) напряжение, действующее на этом участке. Однако для обеспечения высокой надежности особо важно напряжение $U_{кэ\,max}$, а не указывающееся (обычно в справочных листах прайсов торгующих фирм) $U_{кб\,max}$.

Оценив возможность замены из имеющихся транзисторов по данному параметру, следует аналогичным образом проверить, проходит ли он по максимально допустимому току коллектора и по мощности, рассеиваемой на коллекторе.

Напряжение насыщения $U_{кэ\,нас.}$ в некоторой степени влияет на значение максимального импульсного тока транзистора и, следовательно, на мощность, отдаваемую в нагрузку, особенно при пониженном сетевом напряжении. Поэтому иногда транзисторы с большим $U_{кэ\,нас.}$ «не тянут», т. е. не развивают необходимую мощность (для конкретной схемы включения).

Во многих случаях критичным может оказаться выбор транзистора по статическому коэффициенту передачи тока. Однако при больших потребляемых токах или низкоомных нагрузках значение статического коэффициента передачи тока транзистора может быть уже критичным.

И наконец, необходимо проверить, проходит ли заменяющий транзистор по частотным характеристикам. От быстродействия транзистора зависит КПД схемы. Чем короче переходные процессы, тем меньше мощность, рассеиваемая на транзисторе. Поэтому замена на существенно менее быстродействующий, хотя и восстанавливает работоспособность аппарата, нередко приводит к повторным отказам из-за перегрева корпуса.

Отдельные транзисторы имеют встроенный резистор (определенного сопротивления) между базой и эмиттером, а в некоторых исполнениях и (или) защитный диод между коллектором и эмиттером. Это обстоятельство нужно обязательно учитывать, устанавливая при необходимости дополнительные диоды и резисторы и ориентируясь на конкретную схему включения.

Полная аналогичность (эквивалентность) отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов предполагает совпадение их функционального назначения, электрических параметров и характеристик, конструктивного оформления, габаритных и присоединительных размеров, формы и расположения выводов, электрической связи выводов с корпусом, надежности и стабильности. Однако полного совпаде-

ния получить практически невозможно и не во всех случаях необходимо. Целесообразнее говорить о частичной (неполной) или приближенной их эквивалентности, так как процесс создания полупроводниковых приборов — это технологический комплекс, характерный для каждой конкретной фирмы-изготовителя.

Взаимозаменяемость отечественных и зарубежных полупроводниковых приборов зависит не только от их свойств, условий эксплуатации и режимов применения устройства, но и от рационально разработанной схемы, учитывающей номинальный разброс параметров и не требующей специального подбора приборов. При замене зарубежного транзистора отечественным, даже лучшим по параметрам, может потребоваться подстройка схемы, чтобы не ухудшилась работа данного каскада и не возникла паразитная генерация.

Подбор аналогов должен осуществляться сравнением электрических параметров отечественных и зарубежных приборов. Кроме того, подбор подходящих отечественных аналогов (особенно мощных импульсных транзисторов) для замены неисправных импортных сделать не так просто. Это связано с отсутствием подходящих по параметрам отечественных транзисторов в пластмассовых и миниатюрных корпусах.

Несмотря на большое разнообразие типов корпусов транзисторов, многие из них имеют близкие габаритные и присоединительные размеры, что при соблюдении определенных требований позволяет корректно их заменять. Различные типы корпусов сгруппированы и показаны в приложениях 7 и 8.

Обратим внимание на некоторые характерные случаи замены транзисторов с различными корпусами. При замене важно только учитывать, изолирован ли транзистор полностью, имеет ли изоляционную втулку в креплении или коллектор транзистора электрически соединен с теплоотводящей пластиной корпуса. Пусть неисправный прибор выполнен в изолированном корпусе, аналог не изолирован, но имеет пластиковую втулку в креплении. В данном случае достаточно установить слюдяную или фторопластовую прокладку под корпус транзистора (дополнительная изоляция винта крепления требуется для аналогов без изолирующей втулки). Необходимо оценивать эффективность теплоотвода в ситуациях, когда неисправный транзистор с неизолированным корпусом заменяют на «пластмассовый», так как температура кристалла изолированных транзисторов при одинаковых условиях будет выше, чем у их «металлических» аналогов.

8. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

В современных изделиях электронной техники интегральные микросхемы постепенно вытесняют дискретные полупроводниковые элементы.

Все микросхемы, в зависимости от технологии (ГОСТ 17021-88), подразделяются на пленочные, полупроводниковые и гибридные. В пленочной микросхеме все межэлементные соединения и сами элементы выполнены в виде токопроводящих пленок, изолированных диэлектрическими материалами. В полупроводниковой микросхеме все элементы и соединения выполнены на поверхности и в объеме полупроводникового кристалла. В гибридной микросхеме на подложке содержатся как простые дискретные элементы (резисторы, конденсаторы, диоды и транзисторы), так и кристаллы полупроводниковых микросхем.

В зависимости от требований исполнения они могут быть заказные (на основе стандартных или специальных элементов по функциональной схеме заказчика), полузаказные (на основе базовых матричных кристаллов, имеющих определенный набор сформированных элементов) и общего применения (определенного функционального назначения).

8.1. МАРКИРОВКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Интегральные стабилизаторы напряжений (ИСН) в последнее время получили широкое распространение во всех областях электроники благодаря высоким эксплуатационным характеристикам и минимальному количеству элементов обвязки (дополнительных навесных компонентов). Маркировка типа ИСН в корпусах 402.16-7 (4116.4-3; 4116.8-2; 201.14-1; 2102.14-1) обычно указывается полностью. Однако отдельные предприятия наносят сокращенное обозначение (номер серии МС опускают). Так на металлокерамические или пластмассовые корпуса наносят маркировку, состоящую из буквы «К» и двух цифр для серии К142 или двух цифр для серии 142. Все последующие знаки несут служебную информацию (см. вкладку на с. 178). Коды маркировки представлены в табл. 8.1.1.

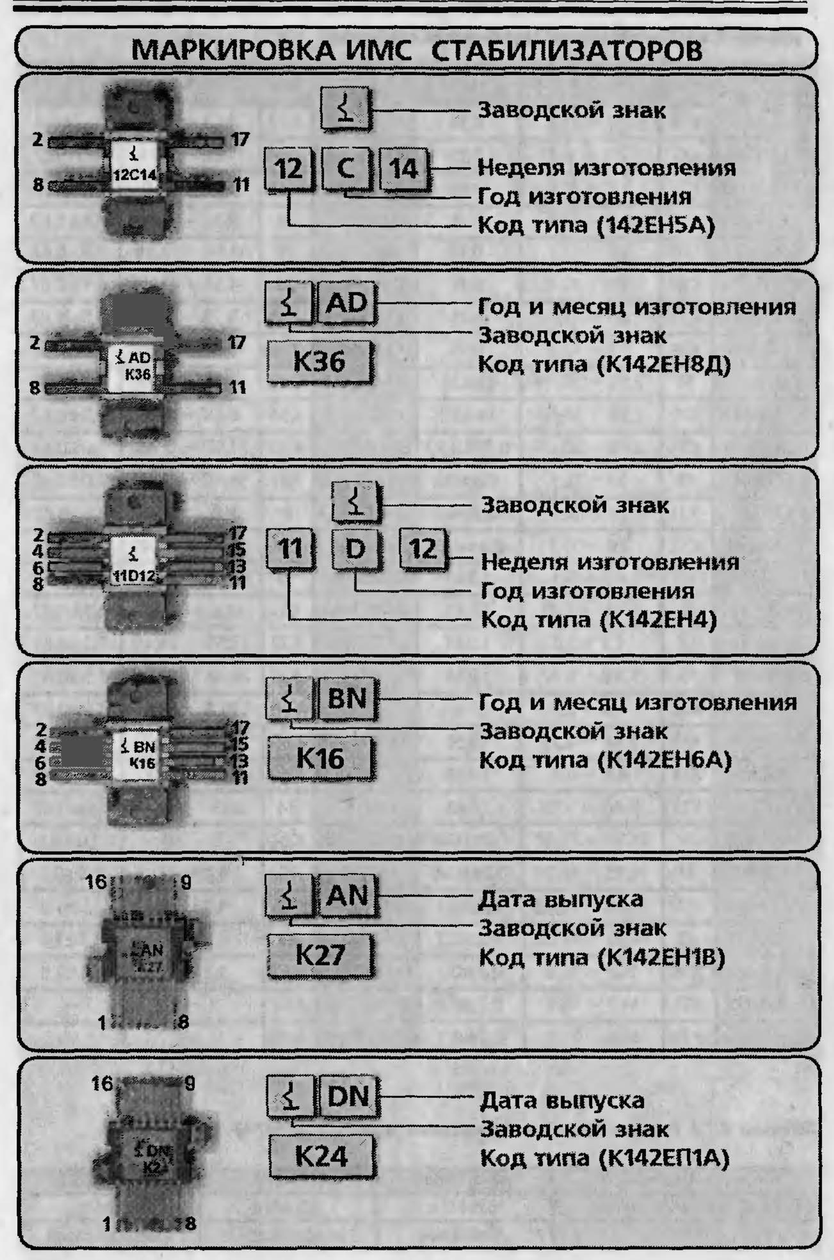
Как и в случаях с маркировкой транзисторов, предприятия, выпускающие одноименные серии ИС, «одевают» кристаллы микросхем в разные корпуса и маркируют сокращенным кодом. Могут изменять принятую систему маркировки и присваивать индивидуальный код. Дополнительные символы в маркировке (особенно гибридных микросхем) могут указывать на дополнительные различия функциональных возможностей одной серии микросхем (табл. 8.1.2).

Таблица 8.1.1. Сокращенная маркировка стабилиза

Тип микросхемы	Код	Uст, В	Iст, А	Тип микросхемы	Код	Uст, В	Iст, А
К142ЕН1А	К06	2,7 – 12,3	0,15	К142ЕН6Г	К34	14,5 – 15,5	0,2±0,3
К142ЕН1Б	К07	2,9 – 12,1	0,15	К142ЕН6Д	К48	14,0 – 16,0	0,2±0,2
К142ЕН1В	К27	2,5 – 12,5	0,15	К142ЕН6Е	К49	14,0 – 16,0	0,2±0,2
К142ЕН1Г	К28	2,5 – 12,5	0,15	142ЕН8А	18	8,73 – 9,27	1,5±0,67
К142ЕН2А	К08	2,7 – 12,3	0,15	142ЕН8Б	19	11,64 – 12,36	1,5±0,67
К142ЕН2Б	К09	2,9 – 12,1	0,15	142ЕН8В	20	14,55 – 15,45	1,5±0,67
К142ЕН2В	К29	2,5 – 12,5	0,15	К142ЕН8А	К18	8,73 – 9,27	1,5±0,67
К142ЕН2Г	К30	2,5 – 12,5	0,15	К142ЕН8Б	К19	11,64 – 12,36	1,5±0,67
142ЕН3	10	2,95 – 30,05	1±0,25	К142ЕН8В	К20	14,55 – 15,45	1,5±0,67
К142ЕН3А	К10	2,95 – 30,05	1±0,25	К142ЕН8Г	К35	8,64 – 9,36	1,0±0,67
К142ЕН3Б	К31	2,95 – 30,05	0,75±0,33	К42ЕН8Д	К36	11,52 – 12,48	1,0±0,67
142ЕН4	11	1,1 – 15,1	0,3±0,1	К142ЕН8Е	К37	14,40 – 15,60	1,0±0,67
К142ЕН4А	К11	1,1 – 15,1	0,3±0,1	142ЕН9А	21	19,6 – 20,45	1,5±0,67
К142ЕН4Б	К32	2,9 – 15,1	0,3±0,27	142ЕН9Б	22	23,52 – 24,49	1,5±0,67
142ЕН5А	12	4,9 – 5,1	1,5±1	142ЕН9В	23	26,46 – 27,59	1,5±0,67
142ЕН5Б	13	5,88 – 6,12	1,5±1	К142ЕН9А	К21	19,6 – 20,45	1,5±0,67
142ЕН5В	14	4,9 – 5,1	1,0±1	К142ЕН9Б	К22	23,52 – 24,49	1,5±0,67
142ЕН5Г	15	5,88 – 6,12	1,0±1	К142ЕН9В	К23	26,46 – 27,59	1,5±0,67
К142ЕН5А	К12	4,9 – 5,1	1,5±1	К142ЕН9Г	К38	19,4 – 20,6	1,0±0,67
К142ЕН5Б	К13	5,88 – 6,12	1,5±1	К142ЕН9Д	К39	23,28 – 24,73	1,0±0,67
К142ЕН5В	К14	4,9 – 5,1	1,0±1	К142ЕН9Е	К40	26,19 – 27,82	1,0±0,67
К142ЕН5Г	К15	5,88 – 6,12	1,0±1	142ЕН10	24	3 – 30	1,0±0,02
142ЕН6А	16	14,99 – 15,02	0,2±0,08	К142ЕН10	К24	3 – 30	1,0±0,1
142ЕН6Б	17	14,95 – 15,05	0,2±0,08	142ЕН11	25	1,2 – 37	1,5±0,5
142ЕН6В	42	14,98 – 15,03	0,2±0,3	К142ЕН11	К25	1,2 – 37	1,5±1,0
142ЕН6Г	43	14,93 – 15,08	0,2±0,3	142ЕН12	47	1,2 – 37	1,5±1,0
К142ЕН6А	К16	14,7 – 15,3	0,2±0,2	К142ЕН12	К47	1,2 – 37	1,5±2,0
К142ЕН6Б	К17	14,7 – 15,3	0,2±0,2	К142ЕП1А	К44	–	–
К142ЕН6В	К33	14,5 – 15,5	0,2±0,3	К142ЕП1Б	К45	–	–

Таблица 8.1.2. Различия в характеристиках микросхем УПЧЗ-1М

Тип микросхемы	УПЧЗ-1М-1(2)	УПЧЗ-1МЕ-1(2)	УПЧЗ-1МА-1(2)
Частота входного сигнала	6,5 МГц	5,5 МГц	4,5 МГц
Стандарт	советский	европейский	американский


МАРКИРОВКА ИМС СТАБИЛИЗАТОРОВ
2
17
8
11
12С14
12
С
14
Заводской знак
Неделя изготовления
Год изготовления
Код типа (142ЕН5А)
2
17
8
11
AD
К36
AD
К36
Год и месяц изготовления
Заводской знак
Код типа (К142ЕН8Д)
2
4
6
8
17
15
13
11
11D12
11
D
12
Заводской знак
Неделя изготовления
Год изготовления
Код типа (К142ЕН4)
2
4
6
8
17
15
13
11
BN
К16
BN
К16
Год и месяц изготовления
Заводской знак
Код типа (К142ЕН6А)
16
9
1
8
AN
К27
Дата выпуска
Заводской знак
Код типа (К142ЕН1В)
16
9
1
8
DN
К24
Дата выпуска
Заводской знак
Код типа (К142ЕП1А)

МАРКИРОВКА ИМС СТАБИЛИЗАТОРОВ

КРЕН9Б — Сокращенное название типа (КР142ЕН9Б)

9602 — Дата изготовления

17 8 2

17 — вход, 8 — общий, 2 — выход

КРЕН12А — Сокращенное название типа (КР142ЕН12А)

9806 — Дата изготовления

1 2 3

1 — рег. вход, 2 — выход, 3 — вход

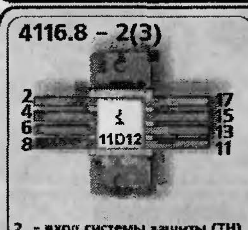
КР142ЕН10 — Тип

9408 — Дата изготовления

1 2 3 4 5 6 7 8 9

ВИДЫ КОРПУСОВ

4116.8 - 2(3)



2 - вход системы защиты (TH)
4 - вход обратной связи (CONT)
6 - вход блокировки (CE)
8 - общий (CON)
11 - частотная коррекция (FC)
13 - выход (OUT)
15 - вход (IN)
17 - частотная коррекция (FC)

402.16 - 7

8
16
1

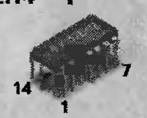
1 -, 3 -, 5 -, 7 -, 15 - не подключен
2 - частотная коррекция (FC)
4 - напряжение питания (V+)
6 - не инвертирующий вход ДУ(+IN)
8 - напряжение питания (V-)
9 - вход блокировки (OFF)
10 - ограничение по току (CS)
11 - управление по току (CL)
12 - инвертирующий вход ДУ (-IN)
13 - выход1 (V_{out1})
14 - выход2 (V_{out2})
16 - вход (V_c)

1102.9 - 5

1 2 3 4 5 6 7 8 9

1 - общий (CON)
2 - вход блокировки (CE)
3 - частотная коррекция (FC)
4 - выход (OUT)
5 - не подключен
6 - вход (IN)
7 - частотная коррекция (FC)
8 - вход обратной связи (CONT)
9 - вход системы защиты (TH)

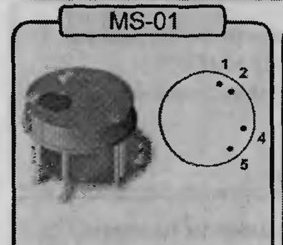
2102.14 - 1



1 - ограничение по току (CS)
2 - управление по току (CL)
3 - инвертирующий вход ДУ (-IN)
4 - не инвертирующий вход ДУ(+IN)
5 - опорное напряжение ($V_{оп}$)
6 - не подключен
7 - напряжение питания (V-)
8 - выход1 (V_{out1})
9 - не подключен
10 - выход2 (V_{out2})
11 - вход (V_c)
12 - напряжение питания (V+)
13 - частотная коррекция (FC)
14 - вход блокировки (OFF)

ГИБРИДНЫЕ МИКРОСХЕМЫ ФОТОПРИЕМНИКОВ

MS-01



1 - выход инверсный
2 - выход прямой
4 - общий
5 - $U_{пит}$(+5В)

SFH-506-xx

TFMS 5380
ILMS 5380
TK19 - 714
TFM - 5360

1 - $U_{пит}$(+5В)
2 - выход
3 - общий

KF-6x



1 - выход
2 - общий
3 - $U_{пит}$(+5В)

ГИБРИДНЫЕ МИКРОСХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ ПЧ

УПЧЗ-1Мxx

8...6
5...2 1 9

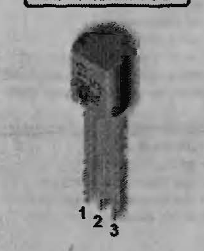
1 - вход ПЧ звука
2 - общий (корпус)
3 - контрольный выход
4 - выход НЧ не регулируемый
5 - источник питания
6 - выход НЧ регулируемый
7 - регулировка громкости
8 - выход НЧ
9 - общий (корпус)

УПЧЗ-2xx

1 - блокировка звука
2 - общий
3 - вход ПЧ звука
4 - +12 В (питание)
5 - выход НЧ не регулируемый
6 - общий
7 - выход звука
8 - регулятор звука
9 - вход НЧ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЙ

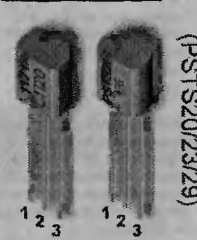
КР142ЕН19



1 - общий
2 - вход
3 - выход

КР1171СПxx

(PSTS20/23/29)



1 - вход
2 - общий
3 - выход

КР1184ЕН1

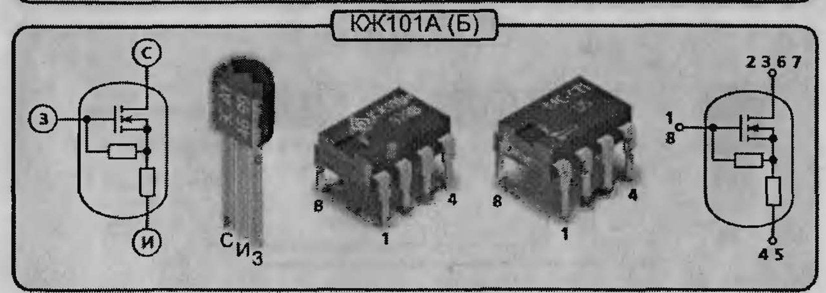
(LP29S0)



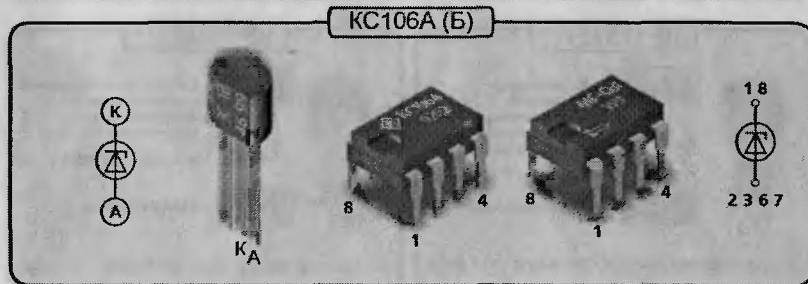
1 - выход
2 - общий
3 - вход

ВИДЫ МАРКИРОВКИ МИКРОСХЕМ В РАЗЛИЧНЫХ КОРПУСАХ

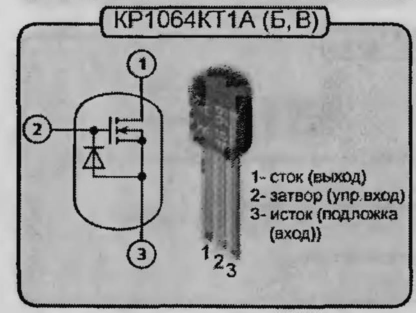
КЖ101А (Б)



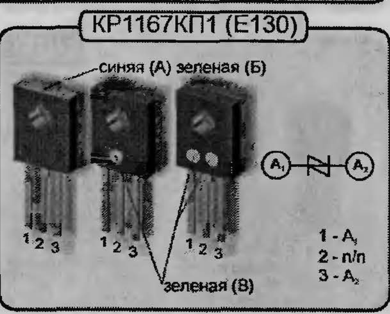
КС106А (Б)



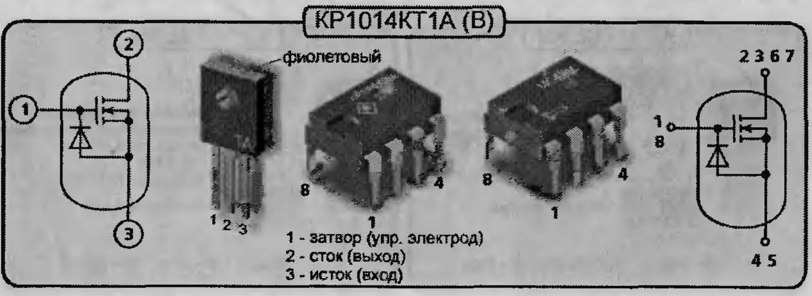
КР1064КТ1А (Б, В)



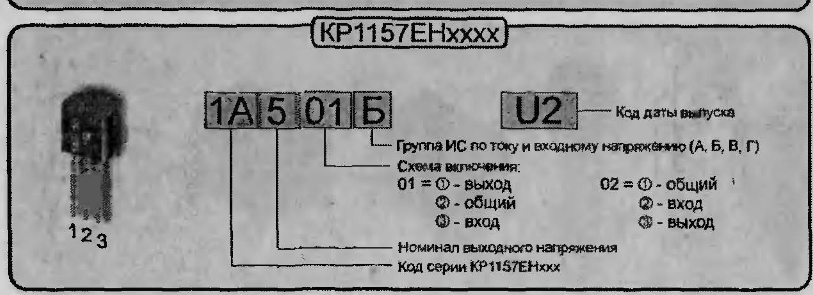
КР1167КП1 (Е130)



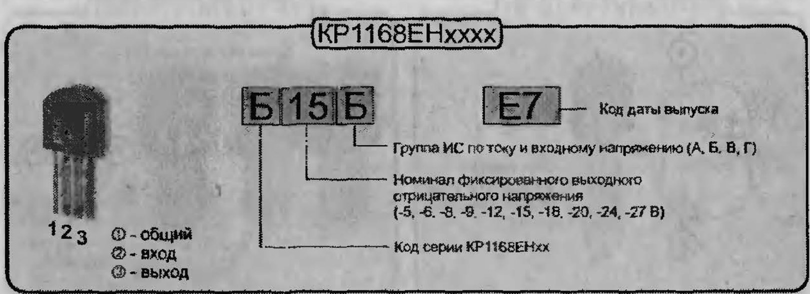
КР1014КТ1А (В)



ВИДЫ МАРКИРОВКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ







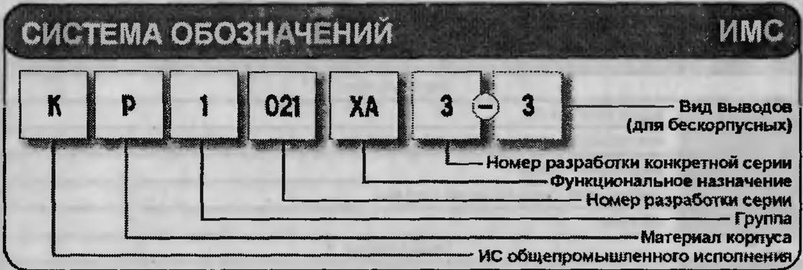


Сокращенная и кодовая маркировка интегральных стабилизаторов напряжения, усилителей ПЧ и фотоприемников инфракрасного излучения, изготовленных в различных корпусах, представлены на вкладках (с. 178–182).

8.2. ОБОЗНАЧЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ПО ГОСТ 27394-87

Микросхемы выпускаются в виде серий, к которым относится ряд типов с различным функциональным назначением, имеющих единое конструктивно-технологическое исполнение. Каждый тип микросхемы имеет свое условное обозначение.

Система условных обозначений (маркировка) отечественных микросхем для устройств широкого применения состоит из семи элементов.



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква «К») показывает принадлежность микросхемы для устройств широкого применения. Микросхемы, предназначенные для экспорта (шаг выводов 1,27 мм и 2,54 мм), имеют дополнительно букву «Э» перед буквой «К».

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) характеризует материал и тип корпуса (табл. 8.2.1).

Таблица 8.2.1. Обозначение типа корпуса

Тип	Описание
А	пластмассовый планарный
Е	металлополимерный с параллельным двухрядным расположением выводов
И	стеклокерамический, планарный
М	металлокерамический, керамический или стеклокерамический с параллельным двухрядным расположением выводов
Н	кристаллоноситель (безвыводной)
Р	пластмассовый, с параллельным двухрядным расположением выводов
С	стеклокерамический, с двухрядным расположением выводов
Ф	микрокорпус
Б	бескорпусные

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает группу микросхем по конструктивнотехнологическому признаку (табл. 8.2.2).

Таблица 8.2.2. Кодирование конструктивно-технологического признака

Цифра	Значение
1, 5, 6, 7	полупроводниковые
2, 4, 8	гибридные
3	прочие (пленочные, керамические, вакуумные)

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает порядковый номер разработки серии.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает функциональное обозначение (табл. 8.2.3).

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает порядковый номер разработки в конкретной серии, среди одного вида.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) указывает на модификацию конструктивную (только для бескорпусных МС) исполнения выводов (табл. 8.2.4.).

Таблица 8.2.3. Буквенные обозначения функкциональных групп

Буквенное обозначение	Неименование
	Формирователи
АА	адресных токов
АГ	импульсов прямоугольной формы
АР	разрядных токов
АФ	импульсов специальной формы
АП	прочие
	Схемы задержки
БМ	пассивные
БР	активные
БП	прочие
	Схемы вычислительных устройств
ВА	сопряжения с магистралью
ВБ	синхронизации
ВВ	управления вводом-выводом (схемы интерфейса)
ВГ	контроллеры
ВЕ	микро-ЭВМ
ВЖ	специализированные
ВИ	времязадающие
ВК	комбинированные
ВМ	микропроцессоры
ВН	управления прерыванием
ВР	функциональные расширители
ВС	микропроцессорные секции
ВТ	управления памятью
ВУ	микропрограммного управления
ВФ	функциональные преобразователи информации
ВХ	микрокалькуляторы
ВП	прочие

Продолжение табл. 8.2.3

Буквенное обозначение	Наименование
	Генераторы
ГГ	прямоугольных сигналов
ГЛ	линейно-изменяющихся сигналов
ГМ	шума
ГС	синусоидальных сигналов
ГФ	сигналов специальной формы
ГП	прочие
	Детекторы
ДА	амплитудные
ДИ	импульсные
ДС	частотные
ДФ	фазовые
ДП	прочие
	Схемы источников вторичного электропитания
ЕВ	выпрямители
ЕК	стабилизаторы напряжения импульсные
ЕМ	преобразователи
ЕН	стабилизаторы напряжения непрерывные
ЕС	источники вторичного электропитания
ЕТ	стабилизаторы тока
ЕУ	управление импульсными стабилизаторами напряжения
ЕП	прочие
	Схемы цифровых устройств
ИА	арифметико-логические
ИВ	шифраторы
ИД	дешифраторы
ИЕ	счетчики
ИК	комбинированные
ИЛ	полусумматоры
ИМ	сумматоры
ИР	регистры
ИП	прочие
	Коммутаторы и ключи
КН	напряжения
КТ	тока
КП	прочие
	Логические элементы
ЛА	И–НЕ
ЛБ	И–НЕ/ИЛИ–НЕ

Продолжение табл. 8.2.3

Буквенное обозначение	Наименование
ЛД	расширители
ЛЕ	ИЛИ–НЕ
ЛИ	И
ЛК	И–ИЛИ–НЕ/И–ИЛИ
ЛЛ	ИЛИ
ЛМ	ИЛИ–НЕ/ИЛИ
ЛН	НЕ
ЛР	И–ИЛИ–НЕ
ЛС	И–ИЛИ
ЛП	прочие
	Модуляторы
МА	амплитудные
МИ	импульсные
МС	частотные
МФ	фазовые
МП	прочие
	Наборы элементов
НД	диодов
НЕ	конденсаторов
НК	комбинированные
НР	резисторов
НТ	транзисторов
НФ	функциональные (в том числе матрицы R-2R)
НП	прочие
	Преобразователи
ПА	цифроаналоговые
ПВ	аналоговоцифровые
ПД	длительности
ПЕ	умножители частоты аналоговые
ПЛ	синтезаторы частоты
ПМ	мощности
ПН	напряжения (тока)
ПР	код-код
ПС	частоты (в том числе перемножители аналоговых сигналов)
ПУ	уровня (согласователи)
ПФ	фазы

Продолжение табл. 8.2.3

Буквенное обозначение	Наименование
ПЦ	длительности частоты цифровые
ПП	прочие
	Схемы запоминающих устройств
РА	ассоциативные
РВ	матрицы постоянных запоминающих устройств (ПЗУ)
РЕ	ПЗУ масочные
РМ	матрицы ОЗУ
РР	ПЗУ с возможностью многократного электрического перепрограммирования
РТ	ПЗУ с возможностью одномногократного электрического программирования
РУ	ОЗУ
РФ	ПЗУ с ультрофиолетовым стиранием и электрической записью информации
РЦ	на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД)
РП	прочие
	Схемы сравнения
СА	по напряжению (компараторы)
СВ	по времени
С	амплитудные (уровня сигнала)
СС	частотные
СП	прочие
	Триггеры
ТВ	JK-триггер (универсальный)
ТД	динамические
Т	комбинированные
ТЛ	триггер Шмитта
ТМ	D-триггер
ТР	RS-триггер (с раздельным запуском)
ТТ	Т-триггер (счетный)
ТП	прочие
	Усилители
УВ	высокой частоты
УД	операционные
УЕ	повторители
УИ	импульсные
У	широкополосные

Продолжение табл. 8.2.3

Буквенное обозначение	Наименование
УЛ	считывания и воспроизведения
УМ	индикации
УН	низкой частоты
УР	промежуточной частоты
УС	дифференциальные
УТ	постоянного тока
УП	прочие
	Фильтры
ФВ	верхних частот
ФЕ	полосовые
ФН	нижних частот
ФР	режекторные
ФП	прочие
	Многофункциональные устройства
ХА	аналоговые
ХИ	аналоговые матрицы
ХК	комбинированные
ХЛ	цифровые
ХМ	цифровые матрицы
ХТ	комбинированные матрицы
ХП	прочие
	Фоточувствительные устройства с зарядовой связью
ЦЛ	линейные
ЦМ	матричные
ЦП	прочие

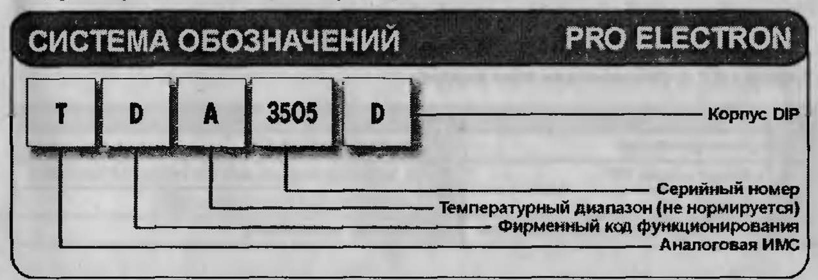
Таблица 8.2.4. Обозначение модификации выводов

Код	Значение	Код	Значение
1	с гибкими выводами	4	неразделенные на общей пластине
2	с ленточными выводами	5	разделенные, без потери ориентировки
3	с жесткими выводами	6	с контактными площадками без выводов

8.3. ОБОЗНАЧЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ПО СИСТЕМЕ PRO ELECTRON

В Европе система кодирования ИМС аналогична системе, принятой для кодирования дискретных полупроводниковых приборов, и использу-

ется фирмами различных стран — Англии, Германии, Испании, Бельгии, Франции, Италии и др. Основные принципы кодирования по системе Pro Electron приводятся ниже. Название (тип) состоит из трех букв, за которым следует серийный номер (например, TBA810, SAB2000, FLH101).



ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) отражает принцип преобразования сигнала в микросхеме (табл. 8.3.1).

Таблица 8.3.1. Обозначение принципов преобразования

Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение
S	цифровой	T	аналоговый	U	аналогово-цифровой

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) для серий (семейств) цифровых микросхем первые две буквы (FA, FB, FC, FD, FE, FF, FJ, FI, FO, FT, FZ, FY, GA, GB, GD, GM, GT, GX, GY, GZ, HB, HC) отражает схемно-технологические особенности (табл. 8.3.2). Для остальных семейств не имеет специального значения (выбирается фирмой-изготовителем), за исключением буквы «H», которой обозначаются гибридные микросхемы.

Таблица 8.3.2. Обозначение схемно-технологических особенностей

Код	Значение
FY	ЭСЛ–серия
FD,GD	МОП–схемы
FQ	ДТЛ–схемы
GA	маломощные ТТЛ–схемы
FL,GF	стандартные ТТЛ–схемы
GJ	быстродействующие ТТЛ–схемы
GM	маломощные с диодами Шотки ТТЛ–схемы
HB	комплементарные МОП–схемы серии 4000 А
HC	комплементарные МОП–схемы серии 4500 8

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает рабочий диапазон температуры или, как исключение, другую важную характеристику (табл. 8.3.3).

Таблица 8.3.3. Обозначение рабочего диапазона температур

Код	Значение	Код	Значение
A	температурный диапазон не нормирован	E	−25 ... +85°C
B	0 ... +70°C	F	−40 ... +85°C
C	−55 ... +125°C	G	−55 ... +85°C
D	−25 ... +70°C		

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает серийный номер, состоящий из четырех цифр. Если он состоит менее чем из четырех цифр, то количество цифр увеличивается до четырех добавлением нулей перед ними.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (буквы) обозначает вариант (разновидность) основного типа. Типы корпусов могут обозначаться одной или двумя буквами.

Обозначение типа корпуса одной буквой смотри по табл. 8.3.4.

Таблица 8.3.4. Обозначение типа корпуса

Код	Значение	Код	Значение
C	цилиндрический	P	пластмассовый DIP
D	керамический DIP	Q	с четырехрядным расположением выводов
F	плоский	T	миниатюрный пластмассовый
L	ленточный кристаллодержатель	U	бескорпусная ИМС

При двубуквенном обозначении вариантов корпусов (после серийного номера) первая буква отражает конструкцию, а вторая, материал корпуса (табл. 8.3.5, 8.3.6).

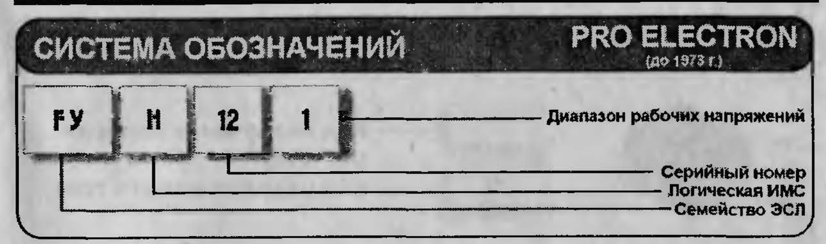
Таблица 8.3.5. Обозначение конструктивных особенностей

Первая буква	
Код	Значение
C	цилиндрический корпус
D	с двухрядным параллельным расположением выводов (DIP)
E	мощный с двухрядным расположением выводов (с внешним теплоотводом)
F	плоский (с двухсторонним расположением выводов)
G	плоский (с четырехсторонним расположением выводов)
K	корпус типа ТО-3
M	многорядный (больше четырех рядов)
Q	с четырехрядным параллельным расположением выводов
R	мощный, с 4-х рядным расположением выводов (внешний теплоотвод)
S	с однорядным расположением выводов
T	с трехрядным расположением выводов

Таблица 8.3.6. Обозначение материала корпуса

Вторая буква			
Код	Значение	Код	Значение
G	стеклокерамика	P	пластмасса
M	металл	X	прочие

Примером обозначения по старой маркировке, действовавшей до 1973 г., может служить ИМС типа FYH121, которая является цифровой логической ИМС (буква «Н») и относится она к семейству FY (ЭСЛ). Она совместима с другими ИМС этой серии (семейства), т. е. используется при таком же напряжении питания, при тех же входных и выходных уровнях, имеет то же быстродействие.



ПЕРВЫЙ И ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТЫ (буквы) обозначает принцип преобразования сигнала в микросхеме, отражает схемо-технологические особенности (табл. 8.3.2).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ (буква) обозначает функциональное назначение микросхемы (табл. 8.3.7).

Таблица 8.3.7. Обозначение функционального назначения

Код	Значение
A	линейное усиление
B	частотное преобразование/демодуляция
C	генерация колебаний
H	логические микросхемы
J	двустабильные или мультистабильные микросхемы (делители частоты, триггеры, счетчики, регистры)
K	моностабильные микросхемы (одновибраторы, ждущие мультивибраторы)
L	цифровые преобразователи уровня (дешифраторы, драйверы)
M	микросхемы со сложной логической конфигурацией
N	двустабильные или мультистабильные микросхемы (с длительным хранением информации)
Q	оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)
R	постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)
S	усилитель считывания с цифровым выходом
Y	прочие микросхемы

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифры) обозначает серийный (регистрационный) номер, состоящий из двух цифр (от 10 до 99).

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ (цифра) обозначает диапазон рабочих температур (табл. 8.3.8).

Таблица 8.3.8. Обозначение диапазона рабочих температур

Код	Значение	Код	Значение
0	температурный диапазон не нормирован	4	+15 ... +55°C
1	0 ... +70°C	5	−25 ... +70°C
2	−55 ... +125°C	6	−40 ... +85°C
3	−10 ... +85°C		


МАРКИРОВКА ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ
ROHM
F15
F
Код назначения прибора (ICP-F15)
15
Код удерживающего тока
F38
F
Код назначения прибора (ICP-F38)
38
Код удерживающего тока
N
Код назначения прибора (IC Protector)
15
Код удерживающего тока
Z
Код страны изготовителя
N
Код назначения прибора (IC Protector)
15
Код удерживающего тока
Z
Код страны изготовителя
S
Код назначения прибора (ICP-S1,8)
1,8
Код удерживающего тока
S
Код назначения прибора (ICP-S0,7)
0,7
Код удерживающего тока

8.4. БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

В процессе ремонта видеомагнитофонов, CD-проигрывателей и зарядных устройств можно встретить элементы, маркируемые ICP (IC Protector). Эти полупроводниковые предохранители для защиты цепей постоянного и переменного тока достаточно давно выпускает фирма ROHM (см. вкладку на с. 192). Отличительной особенностью этих предохранителей является очень малое время реакции на перегрузку.

Предохранители серии ICP выполняются на основе монооксида кремния и выпускаются в корпусах для монтажа в отверстия печатных плат и для поверхностного монтажа. После срабатывания такого предохранителя он разрушается и требует замены. Серия ICP выпускается с калиброванными значениями токов от 0,4 до 2,5 А. На корпусах предохранителей указывается серия и ток срабатывания на серии S, а на сериях N и S указывается код (табл. 8.4.1). Рабочее напряжение ограничено 50 В, а температура от -55 до +125°С.

Таблица 8.4.1. Параметры предохранителей серии ICP

Код прибора	Ток срабатывания, А	Типовое сопротивлеиие, Ом
N10, F10	0,4	0,22
S0,5	0,5	0,15
N15, F15	0,6	0,135
S0,7	0,7	0,084
N20, F20	0,8	0,1
S1,0	1,0	0,061
N25, F25	1,0	0,07
S1,2	1,2	0,048
N38, F38	1,5	0,042
S1,8	1,8	0,032
N50, F50	2,0	0,035
S2,3	2,3	0,026
N70, F70	2,5	0,023

Дополнительную информацию можно найти в сети Интернет по адресу: WWW.ROHM.COM.

8.5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ

Иногда при ремонте приходится сталкиваться с ситуацией, когда поврежден («разорван») корпус усилителя мощности. Прочесть тип микросхемы не представляется возможным. Тогда для идентификации типа (наименования) необходимо определить назначение выводов по эле-

ментам «навесного» монтажа и наличию постоянного напряжения, уровней входных (выходных) сигналов. Затем сводкой таблицы широко используемых МС УНЧ (любезно предоставленной Бачаровым С. Д.) опредилить возможный тип (наименование) микросхемы.

Условные обозначения, принятые в таблице

NF1(2) – вход ОС и коррекции усилителя 1 (2)
IN1(2) – вход усилителя 1 (2)
OUT1(2) – выход усилителя 1 (2)
BS1(2) – вход компенсационный ОС усилителя 1 (2)
GND_{PRE} – общий (входных цепей)
GND_{OUT} – общий (выходных каскадов)
V_{CC} – напряжение питания
RF(CF) – вывод фильтра питания
PWR_{SW} – отключение питания
St – управление режимом standby

Таблица 8.5.1. Назначение выводов микросхем усилителей мощности НЧ в корпусе DIL12

Тип ИМС	Номер вывода											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AN7168/69	NF1	IN1	CF	GND_{PRE}	IN2	NF2	OUT2	BS2	GND_{OUT}	V_{CC}	BS1	OUT1
AN7178	V_{CC}	BS1	OUT1	GND_{PRE}	OUT2	BS2	CF	NF	IN1	IN2	NF	-
BA5406	V_{CC}	OUT1	BS1	NF1	IN1	ASO	CF	IN2	NF2	BS2	OUT2	GND
HA1377(A)	NF1	IN1	CF	GND_{PRE}	IN2	NF2	OUT1	BS1	GND_{OUT}	V_{CC}	BS2	OUT2
HA1394	St	-IN1	IN1	IN2	-IN2	GND_{PRE}	OUT2	BS2	GND_{OUT}	V_{CC}	BS1	OUT1
HA13001	GND_{PRE}	NF1	IN1	IN2	NF2	ASO	OUT2	BS2	GND_{OUT}	V_{CC}	BS1	OUT1
KA2210	NF	IN1	GND_{PRE}	NF	IN2	NF	BS1	OUT1	V_{CC}	OUT2	BS2	GND_{OUT}
LA4445	NF	IN1	GND_{PRE}	NF	IN2	NF	BS1	OUT1	V_{CC}	OUT2	BS2	GND_{OUT}
M54601	-IN	IN	BS	GND_{PRE}	IN	-IN	OUT	BS	GND_{OUT}	V_{CC}	BS	OUT
TA7227P(CP)	BS1	OUT1	V_{CC}	NF	IN1	GND_{OUT}	GND_{PRE}	IN2	NF	OUT2	BS2	V_{CC}
TA7233(P)	BS1	OUT1	CF	NF	IN1	GND_{PRE}	IN2	NF2	GND_{OUT}	OUT2	BS2	V_{CC}
TA7240(P)	IN2	NF2	CF	GND_{PRE}	NF1	IN1	GND_{OUT}	OUT1	BS1	V_{CC}	BS2	OUT2
TA7282	BS1	OUT1	PWR_{SW}	CF	NF1	IN1	IN2	NF2	GND	OUT2	BS2	V_{CC}
TA7283	BS1	OUT1	CF	NF1	IN1	GND_{PRE}	IN2	NF2	GND_{OUT}	OUT2	BS2	V_{CC}
TA7299(CP)	IN1	NF	RF	GND_{PRE}	NF	IN2	GND_{OUT}	OUT1	BS1	V_{CC}	BS2	OUT2
TA8207	BS1	OUT1	St	CF	NF1	IN1	IN2	NF2	GND	OUT2	BS2	V_{CC}
uPC1185(H2)	GND_{PRE}	OUT1	BS1	CF	FB1	IN1	IN2	FB2	V_{CC}	BS2	OUT2	GND
uPC1230(H2)	OUT2	BS2	BTL	-IN2	-IN1	IN1	IN2	RF	V_{CC}	BS1	OUT1	GND
uPC1277(H)	GND_{PRE}	OUT1	BS1	CF	-IN1	IN1	IN2	-IN2	BS2	V_{CC}	OUT2	GND_{OUT}

При поиске деталей в период ремонта часто приходится сталкиваться с отсутствием необходимой микросхемы для замены вышедшей. Особенно этот вопрос возникает в удаленных от крупных городов мастерских. В популярной литературе иногда приводятся перечни или таблицы взаимозаменяемости (эквивалентности) микросхем, но возникает новый вопрос: что считать аналогом, а что прототипом.

Как известно, и это не является секретом, большинство отечественных ИМС являются производными импортной аналоговой микросхемотехники. По-

этому в технической документации на отечественное оборудование и бытовую технику принято считать **аналогом**, если исходная микросхема имеет схожую внутреннюю схему и параметры, а также не имеет различий в цоколевке выводов. А если в процессе разработки и изготовления производной микросхемы изменены, отсутствуют или добавлены какие-либо блоки, выводы, конструктивное исполнение и т. д., но связь в схемотехнике между микросхемами прослеживается — исходную ИМС считают **прототипом**.

Правда, из этого правила также бывают исключения. Тогда необходимо полагаться лишь на собственный опыт, когда в поисках необходимого аналога приходится перерыть гору технической литературы или экспериментировать (что чревато значительными расходами).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Стандартные ряды номинальных величин

E3	E6	E12	E24	E48		E96				E192							
100	100	100	100	100	316	100	178	316	562	100	133	178	237	316	422	562	750
			110	105	332	102	182	324	576	101	135	180	240	320	427	569	759
		120	120	110	348	105	187	332	590	102	137	182	243	324	432	576	768
			130	115	365	107	191	340	604	104	138	184	246	328	437	583	777
	150	150	150	121	383	110	196	348	619	105	140	187	249	332	442	590	787
			160	127	402	113	200	357	634	106	142	189	252	336	448	597	796
		180	180	133	422	115	205	365	649	107	143	191	255	340	453	604	806
			200	140	442	118	210	374	665	109	145	193	258	344	459	612	816
220	220	220	220	147	464	121	215	383	681	110	147	196	261	348	464	619	825
			240	154	487	124	221	392	698	111	149	198	264	352	470	626	835
		270	270	162	511	127	226	402	715	113	150	200	267	357	475	634	845
			300	169	536	130	232	412	732	114	152	203	271	361	481	642	856
	330	330	330	178	562	133	237	422	750	115	154	205	274	365	487	649	866
			360	187	590	137	243	432	768	117	156	208	277	370	493	657	876
		390	390	196	619	140	249	442	787	118	158	210	280	374	499	665	887
			430	205	649	143	255	453	806	120	160	213	284	379	505	673	898
470	470	470	470	215	681	147	261	464	825	121	162	215	287	383	511	681	909
			510	226	715	150	267	475	845	123	164	218	291	388	517	690	920
		560	560	237	750	154	274	487	866	124	165	221	294	392	523	698	931
			620	249	787	158	280	499	887	126	167	223	298	397	530	706	942
	680	680	680	261	825	162	287	511	909	127	169	226	301	402	536	715	953
			750	274	866	165	294	523	931	129	172	229	305	407	542	723	965
		820	820	287	909	169	301	536	953	130	174	232	309	412	549	732	976
			910	301	953	174	309	549	976	132	176	234	312	417	556	741	988

Приложение 2. Типы корпусов кварцевых резонаторов

Б (HC-33)

19,7 8 1,3 12,3 19,3 3

М (HC-49)

13,5 6 0,6 4,9 11,5 6,3

ММ (HC-52)

8,9 12 0,48 3,75 8,26 3,7

ЧА

3,4 0,8 10 0,5 3 2,4 5,6 18,2

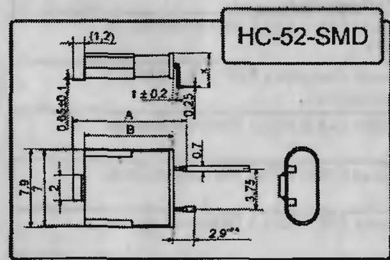
HC-49/S

2 max 0,6 6,53 min 4,9 4,65 max 11 max

HC-49-SMD

11 10 3 1,05 (1,5) B A 1,08 ± 0,2 2,8±0,2 0,25 0,7 5±0,3 2,5 4,9

HC-52-SMD



НЕ УКАЗАННЫЕ РАЗМЕРЫ КОРПУСА HC-49-SMD

Тип корпуса	Размер A	Размер B
HC-49-SMD	17,8 ± 0,2	13,1 ± 0,1
HC-49-11MM-SMD	15,9 ± 0,2	11,2 ± 0,1
HC-49-9MM-SMD	14,4 ± 0,2	9,5 ± 0,1

НЕ УКАЗАННЫЕ РАЗМЕРЫ КОРПУСА HC-52-SMD

Тип корпуса	Размер A	Размер B	Размер X
HC-52-SMD	12,5 ± 0,2	8,7 ± 0,1	3,4 ± 0,2
HC-52-6MM-SMD	11,7 ± 0,2	7,9 ± 0,1	3,4 ± 0,2
HC-52-8MM-SMD	9,7 ± 0,2	5,9 ± 0,1	3,4max

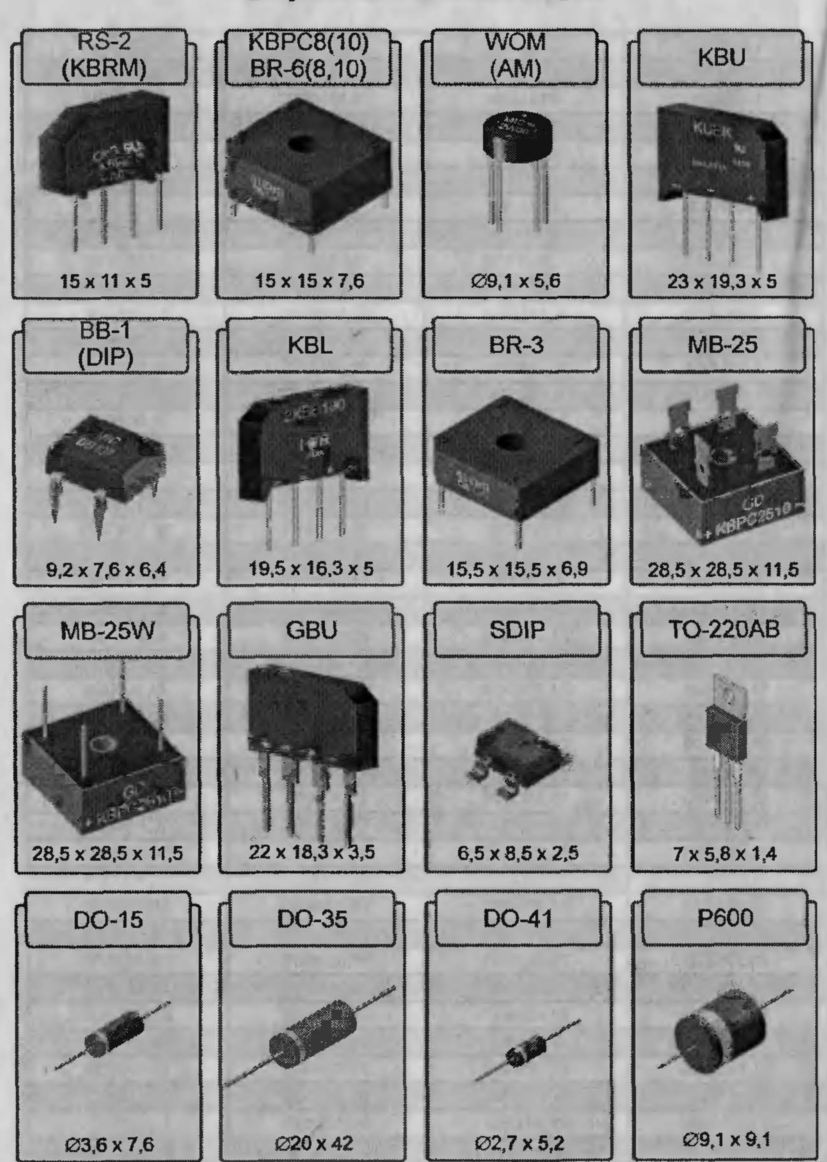
Приложение 3. Функциональные назначения полосовых фильтров

Тип	Функциональное назначение
К04ФЕ004	Фильтр, предназначенный для работы в составе головной станции системы кабельного телевидения
К04ФЕ011	Пьезокерамический фильтр ПЧ изображения стандарта М (45,75 МГц)
К04ФЕ012	Пьезокерамический фильтр ПЧ изображения стандарта B/G (38,9 МГц)
КФПА1007	Пьезокерамический фильтр ПЧ изображения (38,0 МГц) ТВ приемников стандартов B/G и D/K
КФПА1008	Пьезокерамический фильтр ПЧ изображения (38,0 МГц) с компенсацией задержки 330 нс сигнала цветности в ТВ приемнике стандарта D/K
КФПА1009	Пьезокерамический фильтр ПЧ изображения (38,0 МГц) с несимметричным включением по входу в ТВ приемнике стандарта D/K
КФПА1967	Фильтр на LiNbO3 второго телевизионного канала
КФПА1968	Фильтр на LiNbO3 первого телевизионного канала
КФПА1991	Пьезокерамический фильтр, предназначенный для декодера абонентской части систем кабельного ТВ
КФПА1992	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38,0 МГц) ТВ приемников стандартов B/G и D/K
КФПА1994	Пьезокерамический фильтр модулятора звука стандарта D, предназначенный для работы в составе головной станции системы кабельного ТВ
КФПА1995	Фильтр на LiNbO3 ПЧ звука и изображения, предназначенный для работы в составе головной станции системы кабельного ТВ
КФПА1997	Фильтр на LiNbO3 для видеомодулятора стандарта D, предназначенный для работы в составе головной станции системы кабельного ТВ
КФПА1999	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38,0 МГц) ТВ приемников стандартов B/G и D/K
КФПА2012	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38,0 МГц) ТВ приемников стандартов B/G и D/K с квазипараллельным каналом звука
КФПА2013	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38.9 МГц) ТВ приемников стандартов B/G и D/K с квазипараллельным каналом звука
КФПА2014	Фильтр на LiNbO3 ПЧ звукового сопровождения ТВ приемников стандарта L
КФПА2957	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (45,75 МГц) с частично подавленными ПЧ звука 5,5 МГц и 6,5 МГц
КФПА2965	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38,0 МГц) черно-белых ТВ приемников стандартов B/G и D/K
КФПА2979	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения стандарта B/G (38,9 МГц) с параллельным каналом звука стандарта L
КФПА2990	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38,9 МГц) ТВ приемников стандартов B/G
КФПА2992	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38,0 МГц) ТВ приемников стандартов B/G и D/K
КФПА2999	Фильтр на LiNbO3 ПЧ изображения (38,9 МГц) ТВ приемников стандартов B/G и D/K

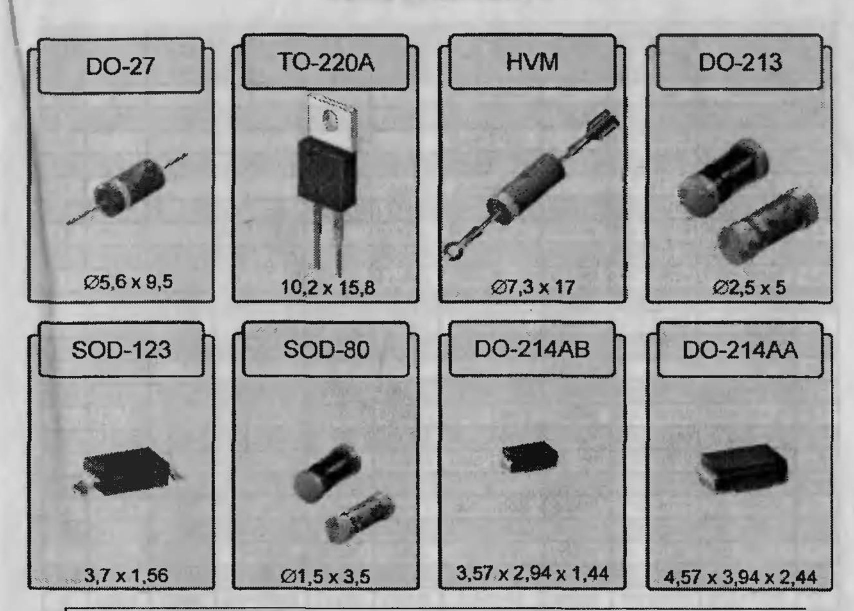
Приложение 4. Стандартные значения частот кварцевых резонаторов

1,000000	4,032000	8,000000	12,750000
1,843200	4,096000	8,064000	12,865625
2,000000	4,194304	8,192000	12,920000
2,048100	4,433200	8,388608	13,104000
2,097152	4,433600	8,863200	13,543375
2,400000	4,433619	8,867238	13,560000
2,457600	4,915200	9,216000	13,875000
2,500000	5,000000	9,599000	14,000000
2,560000	5,068800	9,600000	14,187500
3,000000	5,185000	9,830400	14,318180
3,072000	5,242880	10,000000	14,745600
3,200000	6,000000	10,240000	14,850000
3,276800	6,144000	10,245000	15,000000
3,300000	6,400000	10,752000	15,360000
3,342300	6,553600	11,000000	16,000000
3,342336	6,750000	11,059200	16,384000
3,579545	6,775780	11,700000	16,400000
3,600000	6,780000	12,000000	16,500000
3,686400	7,159000	12,000393	16,588000
3,932160	7,372800	12,096000	16,615000
4,000000	7,680000	12,288000	17,000000
17,200000	22,640000	30,000000	40,320000
17,325000	24,000000	30,420000	40,675000
17,472000	24,000140	30,445000	40,685000
17,720000	24,576000	30,875000	41,140000
17,734475	25,000000	30,900000	42,250000
17,900000	26,540000	31,330000	44,433300
18,000000	26,670000	32,000000	44,545000
18,432000	26,740000	33,86800	48,000000
18,869600	26,975000	35,469000	49,860000
19,660800	26,995000	35,910000	50,000000
19,669800	27,000000	36,000000	51,000000
20,000000	27,015000	38,970000	52,812000
20,250000	27,090000	38,975000	53,666000
20,275200	27,095000	39,000000	60,000000
20,284000	27,105000	39,145000	61,875000
20,480000	27,120000	39,168000	66,000000
21,740000	27,125000	39,190000	69,250000
21,855000	27,195000	39,195000	72,160000
21,960000	27,650000	40,000000	100,0000
22,118400	29,491200	40,225000	
22,198400	29,875000	40,230000	

Приложение 5. Внешний вид распространенных корпусов диодов и сборок



Продолжение приложения 5



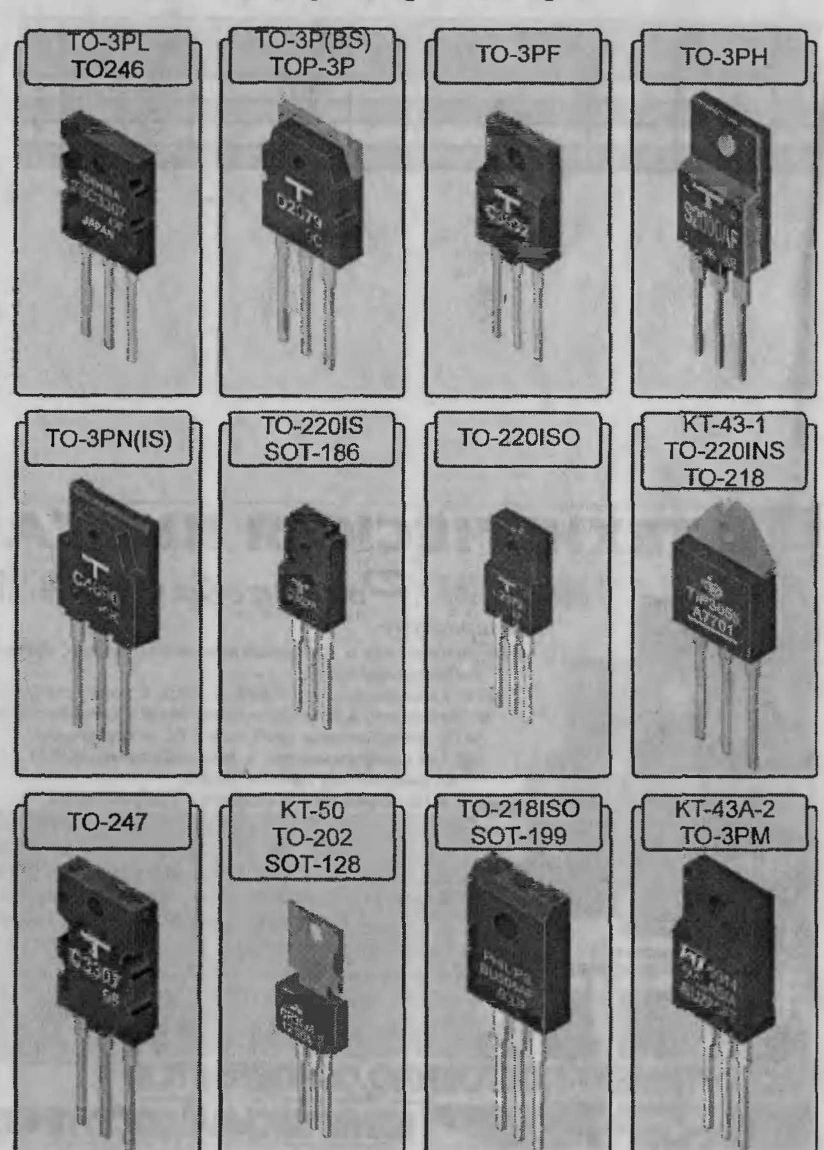
Приложение 6. Взаимозаменяемость импортных стабилитронов

$U_{стаб}$, В	350 мВт SOT-23	410 мВт SOD-123	500 мВт DO-35	500 мВт DO-35	500 мВт SOD-80	1 Вт DO-41	1,3 Вт DO-41	1 Вт DO-213 AB	5 Вт Case 17-02	$U_{стаб}$, В
0,8	8ZX84-C	BZT52-C		BZX55-C0V8						0,8
1,0					ZMM1			ZMY1		1,0
2,4	BZX84-C2V4	BZT52-C2V4		8ZX55-C2V4						2,4
2,7	BZXB4-C2V7	BZT52-C2V7		BZX55-C2V7	ZMM2.7					2,7
3,0	8ZX84-C3	8ZT52-C3		BZX55-C3	ZMM3					3,0
3,3	BZXB4-C3V3	BZT52-C3V3	1N5226	BZX55-C3V3	ZMM3.3				1N5333	3,3
3,6	BZX84-C3V6	BZT52-C3V6	1N5227	BZX55-C3V6	ZMM3.6		BZX85-C3V6		1N5334	3,6
3,9	8ZX84-C3V9	BZT52-C3V9	1N5228	BZX55-C3V9	ZMM3.9		BZX85-C3V9	ZMY3.9	1N5335	3,9
4,3	BZXB4-C4V3	BZT52-C4V3	1N5229	BZX55-C4V3	ZMM4.3	1N4731	8ZXB5-C4V3	ZMY4.3	1N5336	4,3
4,7	BZX84-C4V7	BZT52-C4V7	1N5230	BZX55-C4VZ	ZMM4.7	1N4732	BZX85-C4V7	ZMY4.7	1N5337	4,7
5,1	BZX84-C5V1	BZT52-C5V1	1N5231	BZX55-C5V1	2MM5.1	1N4733	BZX85-C5V1	ZMY5.1	1N5338	5,1
5,6	B2X84-C5V6	BZT52-C5V6	1N5232	BZX55-C5V6	ZMM5.6	1N4734	BZX85-C5V6	ZMY5 6	1N5339	5,6
6,0			1N5233						1N5340	6,0
6,2	BZX84-C6V2	BZT52-C6V2	1N5234	BZX55-C6V2	ZMM6.2	1N4735	BZX85-C6V2	ZMY6.2	1N5341	6,Z
6,B	BZXB4-C6VB	BZT52-C6VB	1N5235	BZX55-C6V8	ZMM6.B	1N4736	BZX85-C6V8	ZMY6.8	1N5342	6,8
7,5	BZX84.C7V5	BZT52-C7V5	1N5236	BZX55-C7V5	ZMM7.5	1N4737	BZX85-C7V5	ZMY7.5	1N5343	7,5
B,2	BZX84-C8V2	BZT52-CBV2	1N5237	BZX55-C8V2	ZMM8.2	1N4738	BZX85-C8V2	ZMY8.2	1N5344	8,2
8,7			1N523B						1N5345	8,7
9,1	BZXB4-C9V1	BZT52-C9V1	1N5239	BZX55-C9V1	ZMM9.1	1N4739	BZX85-C9V1	ZMY9.1	1N5346	9,1
10	BZX84-C10	BZT52-C10	1N5240	BZX55-C10	ZMM10	1N4740	BZX85-C10	ZMY10	1N5347	10
11	BZX84-C11	BZT52-C11	1N5241	BZX55-C11	ZMM11	1N4741	BZX85-C11	ZMY11	1N534B	11
12	BZX84-C12	BZT52-C12	1N5242	BZX55-C12	ZMM12	1N4742	BZXB5-C12	ZMY12	1N5349	12
13	BZX84-C 13	BZT52-C13	1N5243	BZX55.C13	ZMM13	1N4743	BZX85-C 13	ZMY13	1N5350	13
14			1N5244						1N5351	14
15	BZXB4-C15	BZT52-C15	1N5245	8ZX55-C15	ZMM15	1N4744	BZX85-C15	ZMY15	1N5352	15
16	BZX84-C16	BZT52-C16	1N5246	BZX55-C16	ZMM16	1N4745	BZX85-C16	ZMY16	1N5353	16
17			1N5247						1N5354	17
18	BZX84-C18	BZT52-C1B	1N5248	BZX55-C18	ZMM18	1N4746	BZX85-C18	ZMY18	1N5355	18
19			1N5249						1N5356	19
20	BZX84-C20	BZT52-C20	1N5250	BZX55-C20	ZMM20	1N4747	8ZX8-C20	ZMY20	1N5357	20
22	BZX84-C2Z	BZT52-C22	1N5251	BZX55-C22	ZMM22	1N4748	BZX85-C22	ZMY22	1N5358	22
24	BZX84-C24	BZT52-C24	1N5252	BZX55-C24	ZMM24	1N4749	BZXB5-C24	ZMY24	1N5359	24
25			1N5253						1N5360	25
27	8ZXB4-C27	BZT52-C27	1N5254	BZX55-C27	ZMM27	1N4750	BZX85-C27	ZMY27	1N5361	27
28			1N5255						1N5362	28
30	BZX84-C30	BZT52-C30	1N5256	BZX55-C30	ZMM30	1N4751	BZX85-C30	ZMY30	1N5363	30
33	BZX84-C33	BZT52-C33	1N5257	BZX55-C33	ZMM33	1N4752	BZX85-C33	ZMY33	1N5364	33
36	BZX84-C36	BZT52-C36	1N5258	BZX55-C36	ZMM36	1N4753	BZX85-C36	ZMY36	1N5365	36
39	BZX84-C39	8ZT52-C39	1N5259	BZX55-C39	ZMM39	1N4754	BZX85-C39	ZMY39	1N5366	39
43	8ZX84-C43	BZT52-C43	1N5260	BZX55-C43	ZMM43	1N4755	BZX85-C43	ZMY43	1N5367	43
47	BZXB4-C47	BZT52-C47	1N5261	BZX55-C47	ZMM47	1N4756	BZX85-C47	ZMY47	1N5368	47
51	BZX84-C51	BZT52-C51	1N5262	BZX55-C51	ZMM51	1N4757	BZX85-C51	ZMY51	1N5369	51
56	BZX84-C56	BZT52-C56	1N5263	BZX55-C56	ZMM56	1N4758	BZX85-C56	ZMY56	1N5370	56
60			1N5264						1N5371	60
62	BZXB4-C62	8ZT52-C62	1N5265	BZX55-C62	ZMM62	1N4759	BZXB5-C62	ZMY62	1N5372	62
6B	BZX84-C68	BZT52-C68	1N5266	BZX55-C68	ZMM68	1N4760		ZMY68	1N5373	68
75	BZX84-C75	BZT52-C75	1N5267	BZX55-C75	ZMM75	1N4761		ZMY75	1N5374	75

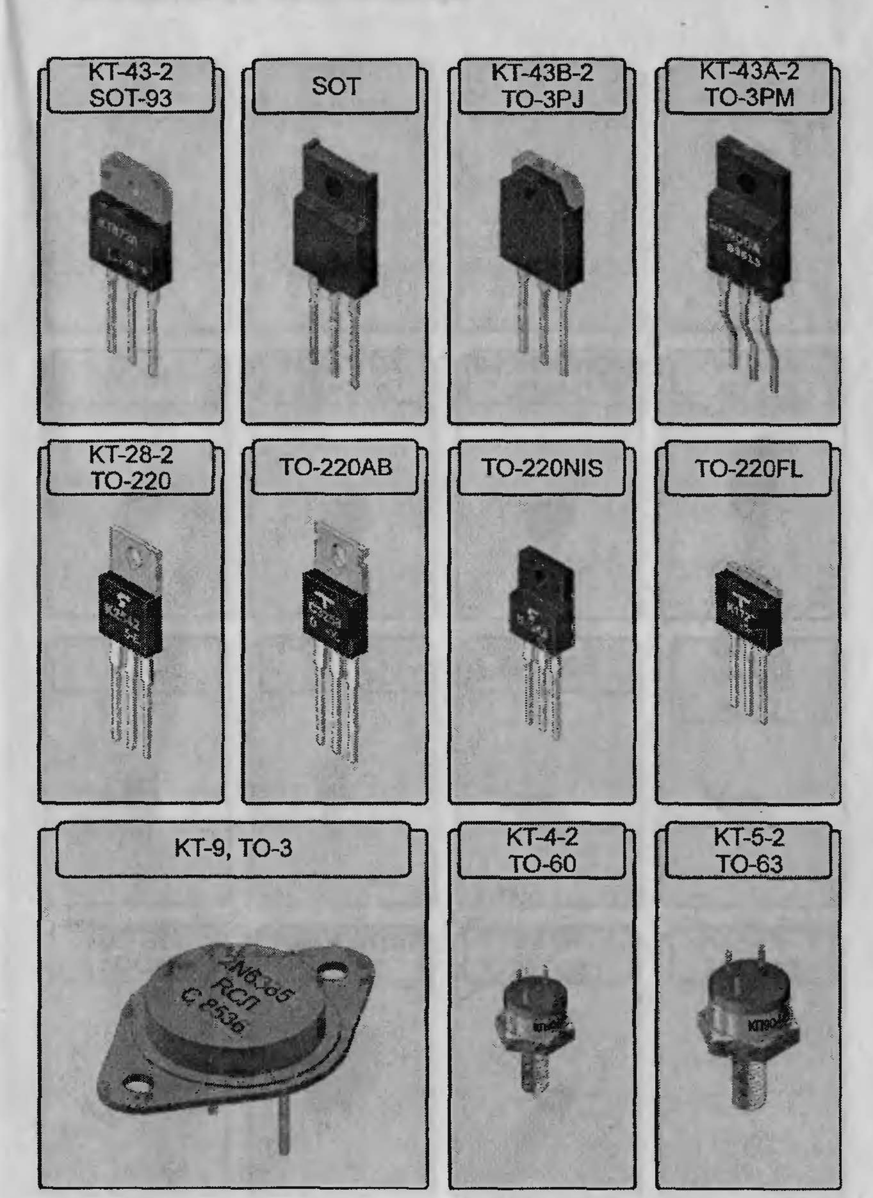
Продолжение приложения 6

$U_{стаб}$, В	350мВт SOT-23	410 мВт SOD-123	500 мВт DO-35	500 мВт DO-35	500 мВт SOD-80	1 Вт DO-41	1,3 Вт DO-41	1 Вт DO-213 AB	5 Вт Case 17-02	$U_{стаб}$, В
82						1N4762		ZMY82	1N5375	82
87									1N5376	87
91						1N4763		ZMY91	1N5377	91
100						1N4764		ZMY100	1N5378	100

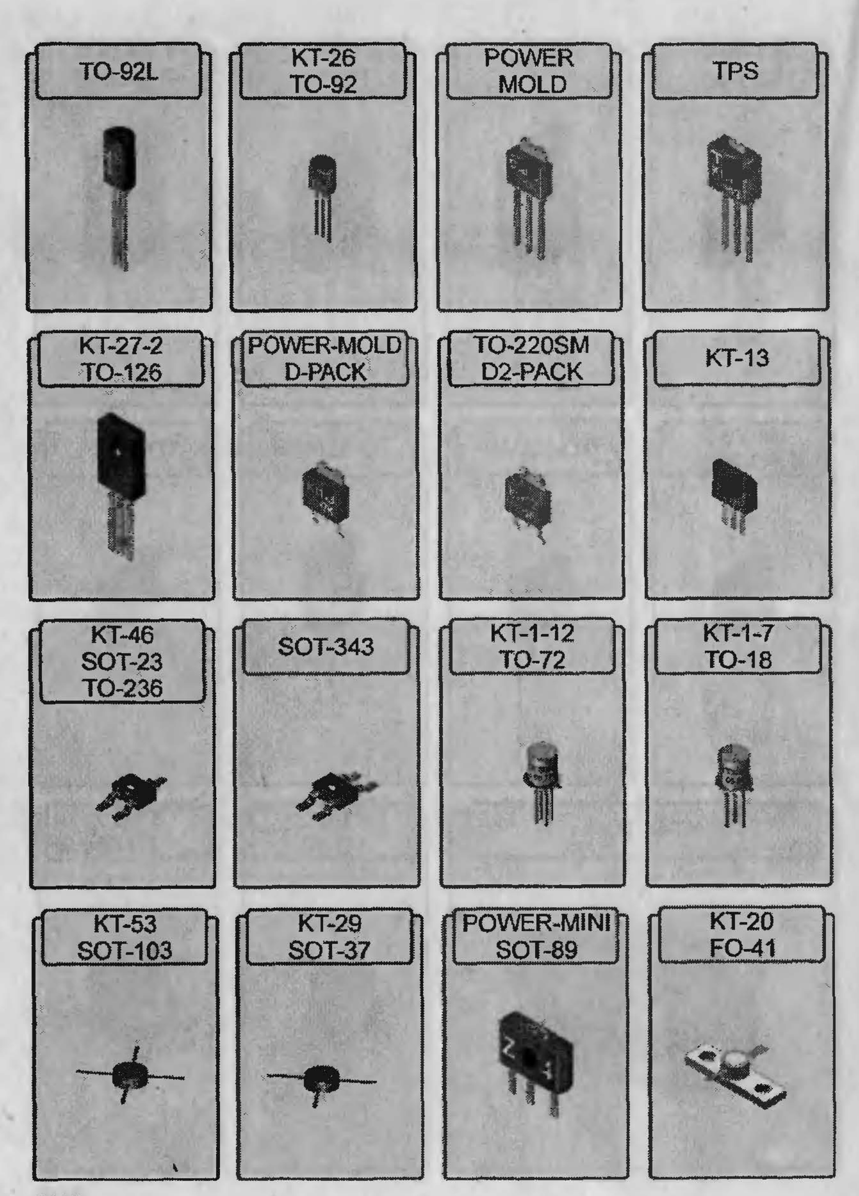
Приложение 7. Внешний вид распространенных корпусов транзисторов



Продолжение приложения 7



Продолжение приложения 7



Приложение 8. Габаритные размеры корпусов SMD- компонентов

SC59 (SOT346, SMT3)

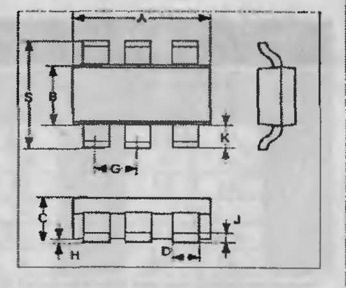
Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин	макс.		мин.	макс.
A	2,7	3,1	B	1,3	1,7
C	1	1,3	D	0,35	0,5
G	1,7	2,1	H	0,013	0,1
J	0,09	0,18	K	0,2	0,6
L	1,25	1,65	S	2,5	3

Отклонения от стандарта замечены у фирмы Hewlett Packard

SOT457 (SC74)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	2,7	3,1	B	1,3	1,7
C	0,9	1,3	D	0,25	0,4
G	0,95		H	0,013	0,1
J	0,1	0,26	K	0,2	0,6
S	2,5	3			

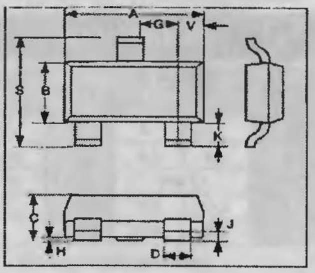
Унифицированный стандарт



SOT323 (SC70-3, UMT3)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,8	2,2	B	1,15	1,35
C	0,8	1,1	D	0,1	0,3
G	0,65 BSC		H	0,013	0,1
J	0,1	0,25	K	0,1	0,425
S	2,11	2,48	V	0,45	0,6

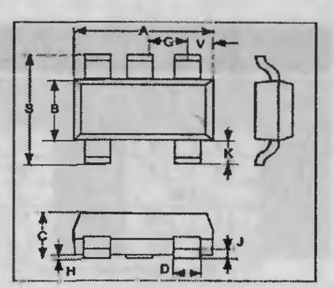
Унифицированный стандарт



SOT323 (SC70-3, UMT3)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,8	2,2	B	1,15	1,35
C	0,8	1,1	D	0,1	0,3
G	0,65 BSC		H	0.013	0,1
J	0,1	0,25	K	0,1	0,3
S	2	2,2	V	0,3	0,4

В настоящее время отклонения от стандарта замечено у фирмы Motorola



Продолжение приложения 8

SOT363 (SC70-6, UMT6)

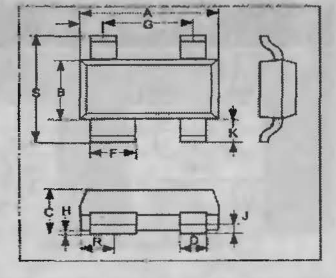
Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,8	2,2	B	1,15	1,35
C	0,8	1,1	D	0,1	0,3
G	0,65 BSC		H	0,013	0,1
J	0,1	0,25	K	0,1	0,3
S	2	2,2	V	0,3	0,4

Отклонения от стандарта замечены у фирмы Hewlet Packard для сборок

SOT343

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,8	2,2	B	1,15	1,35
C	0,7	1	D	0,3	0,4
F	0,5	0,7	G	1,2	1,4
H	0,1		J	0,1	0,25
K	0,15	0,45	L	0,35	0,35
R	0,7	0,8	S	2	2,2

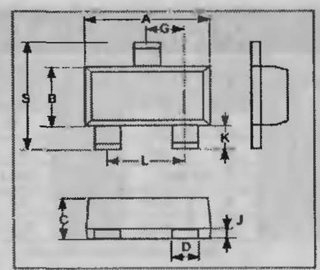
Унифицированный стандарт планируется для ВЧ приборов



SOT490 (SC89)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,5	1,7	B	0,75	0,95
C	0,6	0,8	D	0,23	0,33
G	0,5 BSC		J	0,1	0,2
K	0,45	0,55	L	1,0 BSC	
S	4,45	5,46			

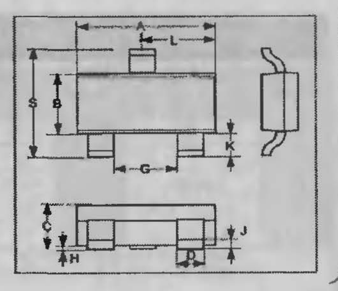
Унифицированный стандарт



SOT416 (SC75)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,4	2,2	B	0,7	0,8
C	0,6	1,1	D	0,15	0,3
G	1,0 BSC		H	–	0,1
J	0.1	0,25	K	0,2	0,3
L	0,7	0,9	S	1,45	1,75

Унифицированный стандарт



Продолжение приложения 8

D-PACK

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	6,35	6.73	B	9,4	10,4
C	0,55	0.75	D	4,58 BSC	
E	2,2	2.5	G	0.84	1
H	0,77	1.27	J	5,97	6,35
K	0,45	0.55	S	4,45	5,46

Широко применяются фирмой International Rectifier для Power mosfet

D2-PACK

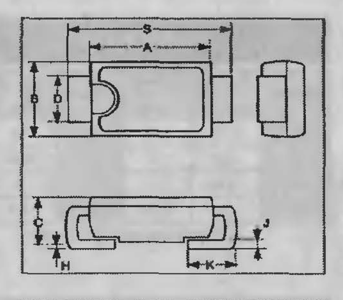
Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	10,3	10,54	B	14,7	15,5
C	1,15	1.4	D	5,08	5,08
E	4,2	4,7	G	1,22	1,32
H	–	1,4	J	8,6	9
K	0,45	0,55	L	2.3	2.8

То же, что и D-PACK , но большой мощности. Популярен из-за улучшенных характеристик

SMA

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	4,06	4,57	B	2,29	2,92
C	1,91	2,67	D	1.27	1,63
H	0,1	0,2	J	0,15	0,41
K	0,76	1,52	S	4,83	5,59

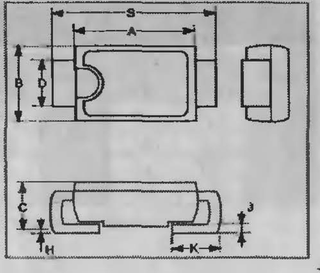
Унифицированный, очень популярен для производства силовых SMD-диодов



SMB

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	4,06	4,57	B	3,3	3,81
C	1,9	2,41	D	1,96	2,11
H	0,1	0,2	J	0,15	0,3
K	0,76	1,52	S	5,21	5,59

Унифицированный, очень популярен для производства силовых SMD-диодов

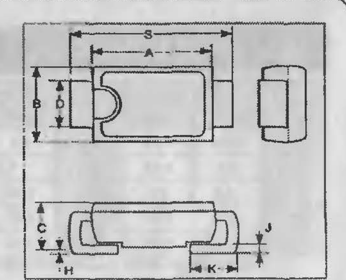


Продолжение приложения 8

SMC

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	6,6	7,11	B	5,59	6,1
C	1,9	2,41	D	2,92	3,07
H	0,1	0,2	J	0,15	0,3
K	0,76	1,27	S	7,75	8,13

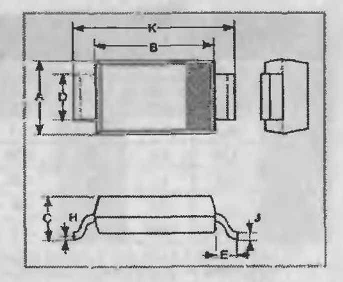
Унифицированный стандарт



SOD 123

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,4	1,8	B	2,55	2,85
C	0,95	1,35	D	0,5	0,7
E	0,25	–	H	–	0,1
J	–	0,15	K	3,55	3,85

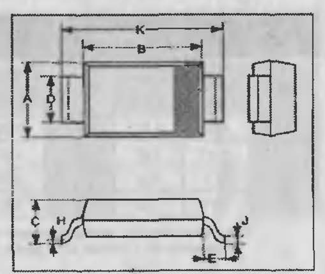
Унифицированный стандарт



SOD 323

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	1,15	1,45	B	1,6	1,9
C	0,09	1,1	D	0,25	0,4
E	0,35	–	H	–	0,1
J	–	0,15	K	2,3	2,7

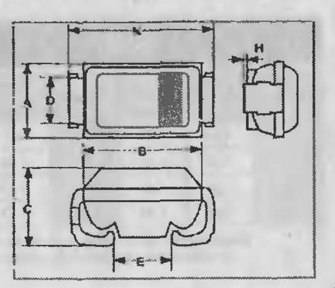
Унифицированный стандарт



SOD 106

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	2,4	2,8	B	4,3	4,5
C	2	2,3	D	1,4	1,6
E	2,7	3,3	H	0,05	
K	5,1	5,6			

Унифицированный стандарт

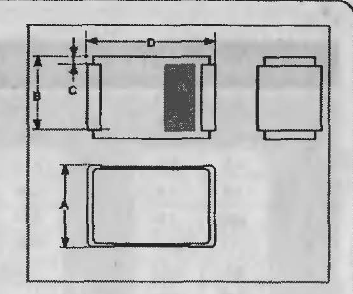


Продолжение приложения 8

SOD 110

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	–	1,8	B	1,1	1,4
C	0,1		D	1,9	2,1

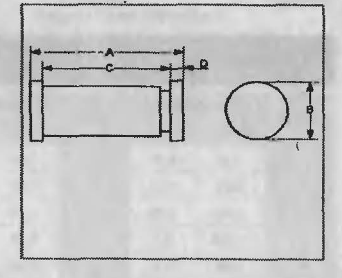
Широко применяются фирмой Murata для производства индуктивных компонентов



SOD80 (MiniMELF, LL38)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	3,3	3,7	B	1,6	1,7
C	2,49	2,59	D	0,41	0,55

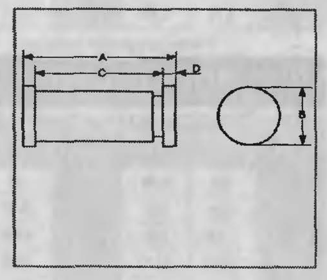
Универсальный стандарт для производства стабилитронов и ВЧ диодов



MELF (LL41)

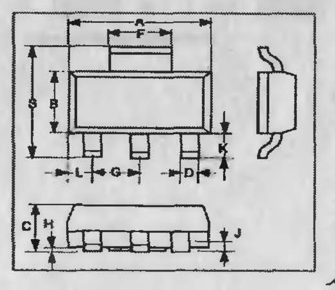
Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	4,8	5,2	B	2,44	2,54
C	3,71	4,59	D	0,36	0,5

Универсальный стандарт для производства стабилитронов и ВЧ диодов



SOT 223 (TO261AA)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	6,3	6,7	B	3,3	3,7
C	1,5	1,75	D	0,6	0,89
F	2,9	3,2	G	2,2	2,4
H	0,02	0,1	J	0,24	0,35
K	1,5	2	L	0,85	1,05
S	6,7	7,3			



Продолжение приложения 8

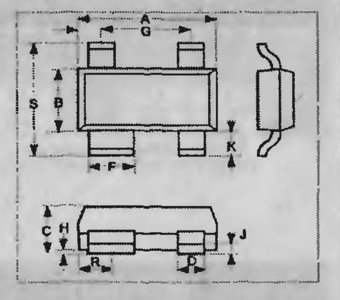
SOT89 (TO243AA, SC62, MPT3)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	4,4	4,6	B	2,29	2,6
C	1,4	1,6	D	0,36	0,48
E	1,62	1,8	F	0,44	0,53
G	1,5 BSC		J	0,35	0,44
K	0,8	1,04	L	3,0 BSC	
S	3,94	4,25			

Унифицированный стандарт

SOT343

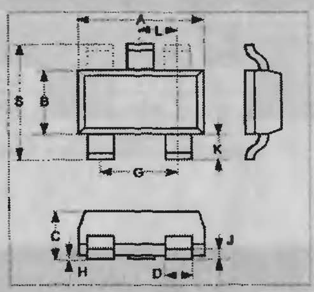
Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	2,8	3,04	B	1,2	1,39
C	0,89	1,14	D	0,39	0,5
F	0,79	0,93	G	1,78	2,03
H	0,013	0,1	J	0,08	0,15
K	0,48	0,6	L	0,445	0,6
R	0,72	0,83	S	2,11	2,48



Унифицированный стандарт

SOT23 (TO236AB)

Размер	Значение, мм		Размер	Значение, мм	
	мин.	макс.		мин.	макс.
A	2,8	3,04	B	1,2	1,4
C	0,89	1,11	D	0,37	0,5
G	1,78	2,04	H	0,013	0,1
J	0,086	0,177	K	0,45	0,6
L	0,89	1,02	S	2,11	2,48



Унифицированный стандарт

Приложение 9. Интернет-адреса фирм-производителей электронных компонентов

Код	Производитель	Адрес
AVX	AVX Limited	WWW.AVXCOMP.COM
AMD	ADVANCED MICRO DEVICES, INC	WWW.AMD.COM
APC	ADVANCED POWER COMPONENTS PLC	WWW.APCISDN.COM
CML	CONSUMER MICROCIRCUITS LIMITED	WWW.CMLMICRO.CO.UK
	EVOX RIFA	WWW.EVOXRIFA.SE (WWW.EVOX-RIFA.DE)
ECH	ECHELON	WWW.ECHELON.COM [redacted]
FSC	FAIRCHILD	WWW.FAIRCHILDSEMI.COM
HIT	HITACHI	WWW.SEMICONDUCTOR.HITACHI.COM/ WWW.HITACHI.CO.JP [redacted]
HP	HEWLETT PACKARD	WWW.HP.COM/GO
LTC	LINEAR TECHNOLOGY	WWW.LINEAR-TECH.COM
LUC	LUCENT (AT&T)	WWW.LUCENT.COM
MEL	MICRON	WWW.MICRON.COM
MITS	MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION	WWW.MITSUBISHI.CO.JP WWW.MITSUBISHICHIPS.COM/PRODUCTS
	MURATA	WWW.MURATA.COM
MOT	MOTOROLA	WWW.MOT.COM/SPS
MSI	MICROSEMI	WWW.MICROSEMI.COM
NSC	NATIONAL	WWW.NATIONAL.COM
	NEC	WWW.IC.NEC.CO.JP/
	PANASONIC	WWW.MEC.PANASONIC.CO.JP
PHIL	PHILIPS SEMICONDUCTORS	WWW.PASSIVES.COMP.PHILIPS.COM WWW.SEMICONDUCTORS.PHILIPS.COM
PWR	POWER CONVERTIBLES	WWW.PCCL.COM
PI	POWER INTEGRATIONS,INC	WWW.POWERINT.COM
QSI	QUALITY SEMICONDUCTORS	WWW.QUALITYSEMI.COM
SAMI	SAMES	WWW.SAMES.CO.ZA
	SAMSUNG	WWW.INTL.SAMSUNGSEMI.COM/PRODUCT/LSIP-RODUCT/SEARCH.ASP
	SANYO	WWW.SEMIC.SANYO.CO.JP
SRP	SHARP	WWW.SHARP.CO.JP WWW.SHARP.RU
SIE	SIEMENS	WWW.SIEMENS.DE/SEMICONDUCTOR
	SOSHIN	WWW.SOSHIN.CO.JP/SOSHIN-E/INDEX-E.HTML
SONY	SONY SEMICONDUCTOR	WWW.SONY.CO.JP
STM	SGS-THOMSON MICROELECTRONICS	WWW.ST.COM (EU.ST.COM, US.ST.COM)
	SUMIDA	WWW.SUMIDA.COM
	TEMIC	WWW.TEMIC-SEMI.COM
TEKL	TEKELEC TEMEX	WWW.TEKELEC-TEMEX.COM [redacted]
TI	TEXAS INSTRUMENTS	WWW.TI.COM
	TOKO	WWW.TOKOEUROPE.COM
	TOSHIBA	WWW.DOC.SEMICON.TOSHIBA.CO.JP/
VANT	VANTIS	WWW.VANTIS.COM
VAR	VARITRONIX	WWW.HKOS.COM/VARITRONIX
VISH	VISHAY VISHAY (TEMIC)	WWW.VISHAY.COM/BRANDS/TELEFUNKEN WWW.TEMIC.DE
VITR	VITRAMON VISHAY	

Резисторы. Цветовая маркировка по ГОСТ 28883-90					
Цвет полосы, точки	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	Множитель	Допуск
Золотой				0,01Ом	±5%
Серебряный				0,1Ом	±10%
Черный			0	1Ом	±20%
Коричневый	1	1	1	10Ом	±1%
Красный	2	2	2	100Ом	±2%
Оранжевый	3	3	3	1кОм	
Желтый	4	4	4	10кОм	
Зеленый	5	5	5	100кОм	±0,5%
Голубой	6	6	6	1МОм	±0,25%
Фиолетовый	7	7	7	10МОм	±0,1%
Серый	8	8	8	100МОм	±0,05%
Белый	9	9	9		

1,5 кОм ±5%

464 Ом ±2%

51 Ом ±20%

Пленочные резисторы. Цветовая маркировка

Цвет полосы, точки	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	Множитель	Допуск	ТКС, ‰/°C
Золотой				0,01Ом	±5%	
Серебряный				0,1Ом	±10%	
Черный		0	0	1Ом	±20%	
Коричневый	1	1	1	10Ом	±1%	100
Красный	2	2	2	100Ом	±2%	50
Оранжевый	3	3	3	1кОм		15
Желтый	4	4	4	10кОм		25
Зеленый	5	5	5	100кОм	±0,5%	
Голубой	6	6	6	1МОм	±0,25%	10
Фиолетовый	7	7	7	10МОм	±0,1%	5
Серый	8	8	8	100МОм	±0,05%	
Белый	9	9	9			1

220 кОм ±1%

2 кОм ±5%

2 кОм ±1%

10 кОм ±2%
100 ‰/°C

Резисторы проволочные. Цветовая маркировка

Цвет полосы, точки	1-й элемент	2-й элемент	Множитель	Допуск
Золотой			0,01Ом	±5%
Серебряный			0,1Ом	±10%
Черный		0	1Ом	±20%
Коричневый	1	1	10Ом	±1%
Красный	2	2	100Ом	±2%
Оранжевый	3	3	1кОм	
Желтый	4	4	10кОм	
Зеленый	5	5	100кОм	±0,5%
Голубой	6	6	1МОм	±0,25%
Фиолетовый	7	7	10МОм	±0,1%
Серый	8	8	100МОм	±0,05%
Белый	9	9		

100 Ом ±20%

2,2 Ом ±10%

51 Ом ±20%

Термоустойчив (синяя полоса)

NTC термисторы. Цветовая маркировка

Цвет полосы, точки	I	II	III	IV
	Значащие цифры, кОм		Множитель	Допуск, %
Золотой			0,01	±5%
Серебряный			0,1	
Черный	1	1	1	
Коричневый	2	2	10	±1%
Красный	3	3	100	±2%
Оранжевый	4	4		±3%
Желтый	5	5		
Зеленый	6	6		
Синий	7	7		
Фиолетовый	8	8		
Серый	9			
Белый		0		

I II III IV

470 кОм ±1%

I II III IV

150 кОм ±2%

IV III II I

0,68 кОм ±3%

IV III II I

4,7 кОм ±5%

Конденсаторы пленочные. Цветовая маркировка						
Цвет полосы	*1-й*	*2-й*	*3-й*	*Множитель*	*Допуск*	*ТКЕ*
Золотой				*0,01пФ*	*±5%*	
Серебряный				*0,1пФ*	*±10%*	
Черный		*0*	*0*	*1пФ*	*±20%*	*МП0 Н10*
Коричневый	*1*	*1*	*1*	*10пФ*	*±1%*	*М33*
Красный	*2*	*2*	*2*	*100пФ*	*±2%*	*М75 Н20*
Оранжевый	*3*	*3*	*3*	*1нФ*		*М150*
Желтый	*4*	*4*	*4*	*10нФ*		*М220*
Зеленый	*5*	*5*	*5*	*100нФ*	*±0,5%*	*М330 Н30*
Голубой	*6*	*6*	*6*	*1мкФ*	*±0,25%*	*М470 Н50*
Фиолетовый	*7*	*7*	*7*	*10мкФ*	*±0,1%*	*М750 Н70*
Серый	*8*	*8*	*8*	*0,01мФ*	*±0,01%*	
Белый	*9*	*9*	*9*	*0,1мФ*		*Н90*

2,0 пФ ±2%, М33

18 пФ, ±5%, МПО

2,2 нФ, Н90

0,1 мкФ

Конденсаторы керамические. Цветовая маркировка ТКЕ

Цвет полосы	*ТКЕ*	*Код EIA*
Красный + фиолетовый	П100	M7J
Серый	П33	
Черный	МП0	COG
Коричневый	М33	
Красный	М75	
Оранжевый	М150	P2G
Желтый	М220	Y5P
Зеленый	М330	Z5V
Голубой	М470	Y5U
Фиолетовый	М750	U2J
Оранжевый + оранжевый	М1500	P8K
Желтый + оранжевый	М2200	

27P

Конденсатор керамический 27 пФ, П100

n10

Конденсатор керамический 100 пФ, М1500

10n

Конденсатор керамический 10 нФ, М330

4p7

Конденсатор керамический 4,7 пФ, М75

Конденсаторы высоковольтные. Цветовая маркировка

Цвет полосы, точки	1-й	2-й	Множитель	Допуск	Напряжение
Черный		0		±20%	
Коричневый	1	1	10 пФ		
Красный	2	2	100 пФ		250 В
Оранжевый	3	3	1 нФ		
Желтый	4	4	10 нФ		400 В
Зеленый	5	5	100 нФ		
Голубой	6	6			
Фиолетовый	7	7			
Серый	8	8			
Белый	9	9		±10%	

47 нФ ±10%
400 В

560 пФ ±10%

Конденсаторы электролитические. Цветовая маркировка			
Цвет полосы, точки	*Номинал*	*Множитель*	*Напряжение*
Золотой	*82*		*1,6 В*
Серебряный	*68*		*2,5 В*
Черный	*10*	*1 пФ*	*4 В*
Коричневый	*12*	*10 пФ*	*6,3 В*
Красный	*15*	*100 пФ*	*10 В*
Оранжевый	*18*	*1 нФ*	*16 В*
Желтый	*22*	*10 нФ*	*40 В*
Зеленый	*27*	*100 нФ*	*20 В*
Салатовый			*25 В*
Голубой	*33*	*1 мкФ*	*30 В*
Синий			*32 В*
Фиолетовый	*39*	*10 мкФ*	
Серый	*47*	*0,01 пФ*	*3,2 В*
Белый	*56*	*0,1 пФ*	*63 В*

Конденсатор оксидно-полупроводниковый ниобиевый 1 мкФ, 16 В

Конденсатор оксидно-полупроводниковый ниобиевый (К53-60) 0,68 мкФ, 10 В

Конденсаторы электролитические. Цветовая маркировка				
Цвет полосы, точки	**Номинал**	**Множитель**	**Допуск**	**Напряжение**
Золотой	8,2			1,6 В
Серебряный	6,8			2,5 В
Черный	1,0	1 мкФ	±20%	4 В
Коричневый	1,2	10 мкФ		6,3 В
Красный	1,5	100 мкФ		10 В
Оранжевый	1,8	1 мФ		16 В
Желтый	2,2	10 мФ		40 В
Зеленый	2,7	100 мФ		20 В
Салатовый				25 В
Голубой	3,3	1 Ф		30 В
Синий				32 В
Фиолетовый	3,9	10 Ф	-20...+50%	
Серый	4,7	10 нФ	-20...+80%	3,2 В
Белый	5,6	100 нФ	±10%	63 В

Конденсатор оксидно-полупроводниковый 4,7 мкФ ±10%, 6,3 В

Конденсатор оксидно-полупроводниковый ниобиевый (К53-21) 1,2 мкФ ±10%, 16 В

Конденсаторы электролитические. Цветовая маркировка

Цвет полосы, точки	Напряжение	Номинал	Множитель	Допуск
Золотой	1,6 В	8,2		
Серебряный	2,5 В	6,8		
Черный	4 В	1,0	1 пФ	±20%
Коричневый	6,3 В	1,2	10 пФ	
Красный	10 В	1,5	100 пФ	
Оранжевый	16 В	1,8	1 нФ	
Желтый	40 В	2,2	10 нФ	
Зеленый	20 В	2,7	100 нФ	
Салатовый	25 В			
Голубой	30 В	3,3	1 мкФ	
Синий	32 В			
Фиолетовый		3,9	10 мкФ	-20...+50%
Серый	3,2 В	4,7	0,01 пФ	-20...+80%
Белый	63 В	5,6	0,1 пФ	±10%

Конденсатор оксидно-полупроводниковый танталовый 0,68 мкФ -20...+80%, 16 В

Конденсатор оксидно-полупроводниковый танталовый 0,47 мкФ, 10 В

Триммеры с пленочным диэлектриком (серия 808) Цветовая маркировка			
Цвет корпуса (статора)	*Диапазон изменения емкости при диаметре корпуса*		
	5 мм	*7,5 мм*	*10 мм*
Серый	***1,5...5,0***	***1,4...5,5***	***5,5...40***
Желтый	***3,0...10***	***2,0...10***	***5,5...65***
Голубой	***3,0...15***	***2,0...15***	
Зеленый	***4,0...20***	***2,0...22***	
Красный	***4,0...27***	***2,0...27***	***6,0...80***
Коричневый		***3,0...33***	
Фиолетовый		***3,0...40***	***7,0...105***
Черный		***3,0...50***	

4,0...20 пФ

2,0...15 пФ

7,0...105 пФ

3,0...10 пФ

3,0...33 пФ

6,0...80 пФ

Триммеры с керамическим диэлектриком
Цветовая маркировка

Цвет ротора	*Диапазон значений емкости, пФ*	
	СТС-038	*СТС-05*
Без цвета	***1,2...3,0***	***1,0...3,0***
Красный	***1,4...6,0***	***2,0...5,0***
Голубой	***2,8...20***	***4,8...20***
Желтый	***4,0...30***	***5,5...30***
Коричневый		***6,8...40***
Зеленый		***9,0...50***
Черный		***14...70***

1,4...6,0 пФ
СТС-038

14...70 пФ
СТС-05

2,8...20 пФ
СТС-038

9...50 пФ
СТС-05

Триммеры с керамическим диэлектриком
Цветовая маркировка

Цвет статора (корпуса)	*Диапазон значения емкости, пФ для различных серий*			
	TZC03	*TZBX4*	*TZ03*	*CVN*
Коричневый	*1,4...3,0*	*1,4...3,0*	*9,8...60*	*9,8...50*
Синий	*2,0...6,0*	*2,0...6,0*	*2,7...10*	*2,0...5,0*
Белый	*3,0...10*	*3,0...10*	*1,2...3,0*	*3,0...10*
Красный	*5,0...20*	*4,5...20*	*4,2...20*	*4,2...20*
Зеленый	*6,5...30*	*6,5...30*	*5,2...30*	*6,2...30*
Желтый		*8,5...40*	*6,8...45*	*6,8...40*
Оранжевый			*6,0...50*	
Черный			*10...120*	

TZC03
5...20 пФ

TZ03
2,7...10 пФ

TZ03
10...120 пФ

CVN
4,2...20 пФ

TZBX4
8,5...40 пФ

Дроссели. Цветовая маркировка

Цвет полосы	*1-й*	*2-й*	*Множитель*	*Допуск*
Золотой			*0,01мкГн*	*±5%*
Серебряный			*0,1мкГн*	*±10%*
Черный		*0*	*1мкГн*	*±20%*
Коричневый	*1*	*1*	*10мкГн*	
Красный	*2*	*2*	*100мкГн*	
Оранжевый	*3*	*3*	*1мГн*	
Желтый	*4*	*4*		
Зеленый	*5*	*5*		
Голубой	*6*	*6*		
Фиолетовый	*7*	*7*		
Серый	*8*	*8*		
Белый	*9*	*9*		

33 мкГн ±10%

39 мкГн ±20%

5,1 мкГн ±5%

1,5 мкГн ±20%

Катушки контуров радиоприемных устройств	
Цвет *полосы, точки*	*Назначение*
Серый	**Входной контур диапазона ДВ (LW)**
Черный*	**Входной контур диапазона СВ (MW)**
Синий	**Входной контур диапазона КВ1 (SW1)**
Коричневый	**Входной контур диапазона КВ2 (SW2)**
Белый	**Контур гетеродина диапазона ДВ**
Красный	**Контур гетеродина диапазона СВ**
Зеленый	**Контур гетеродина диапазона КВ1**
Розовый	**Контур гетеродина диапазона КВ2****
Желтый	**Контур тракта ПЧ 455...465 кГц**
Оранжевый	**Контур тракта ПЧ 10,7 МГц**
Розовый	**Контур дискриминатора 10,7 МГц**
Фиолетовый	**Контур дискриминатора 10,7 МГц****

Контур тракта ПЧ 10,7 МГц



* – цвет материала сердечника;
** – при наличии диапазона КВ2 контур дискриминатора маркируется фиолетовым цветом

Фильтры пьезокерамические для ПЧ 10,7 МГц		
Цвет точки	*Центральная частота полосы пропускания и допуск, МГц*	*Ширина полосы пропускания*
Серый	*10,80 ± 0,03*	*150...200 кГц*
Красный	*10,75 ± 0,03*	*200...280 кГц*
Без цвета	*10,70 ± 0,03*	
Синий	*10,65 ± 0,03*	
Светло-зеленый	*10,60 ± 0,03*	

ФП1П-049 8804 БР-1

ФП1П-049а, $f_{РЕЗ}$ = 10,65 ±0,03 МГц, полоса пропускания 200...280 кГц

Фильтры пьезокерамические для ПЧ 10,7 МГц		
Цвет точки	*Центральная частота при допуске ±0,03 МГц*	*Центральная частота при допуске ±0,025 МГц*
Черный	*10,64 МГц*	*10,65 МГц*
Синий	*10,67 МГц*	*10,675 МГц*
Красный	*10,7 МГц*	*10,7 МГц*
Оранжевый	*10,73 МГц*	*10,725 МГц*
Белый	*10,76 МГц*	*10,75 МГц*

SKM5Y

E10,7V J

$f_{РЕЗ}$=10,64 МГц

$f_{РЕЗ}$=10,7 МГц

Фильтры пьезокерамические для ПЧ 465 кГц
Цветовая маркировка

Цвета точек	Красный	Синий	Желтый
Красный	ФП1П-023		
Синий	ФП1П-022	ФП1П-024	ФП1П-027
Желтый	ФП1П-026		ФП1П-025

ФП1П-022

ФП1П-026



Фильтры пьезокерамические для ПЧ 465 кГц
Цветовая маркировка

Цвет корпуса	Избирательность по соседнему каналу, дБ	Диаметр корпуса 8,5 мм	Диаметр корпуса 6 мм
Красный	12	ФП1П-011	ФП1П-015
Синий	22	ФП1П-012	ФП1П-016
Зеленый	9	ФП1П-013	ФП1П-017

Фильтры пьезокерамические. Цветовая маркировка

Цвет корпуса или код	*Цвет точки, полосы*			
	Красная	*Белая*	*Желтая*	*Без цвета*
64			ФП1П6-1,3	
67			ФП1П6-1,4	
70	ФП1П6-1.1	ФП1П6-1.5	ФП1П6-1.2	
Бледно-зеленый	ФП1Р8-63.02			ФП1П8-63.02
Серо-голубой		ФП1Р8-63.03	ФП1Р8-63.01	
	ФП1Р8-63.04			
		ФП1П8-62.02		

ФП1П8-62.02 ФП1П6-1,4 ФП1Р8-63.02

Диоды и стабилитроны. Цветовая маркировка по системе *JEDEC* (США)

Цвет полосы,	*1-й элемент*	*2-й элемент*	*3-й элемент*	*4-й элемент*	*5-й элемент*
Черный		0	0	0	
Коричневый	1	1	1	1	A
Красный	2	2	2	2	B
Оранжевый	3	3	3	3	C
Желтый	4	4	4	4	D
Зеленый	5	5	5	5	E
Голубой	6	6	6	6	F
Фиолетовый	7	7	7	7	G
Серый	8	8	8	8	H
Белый	9	9	9	9	I

1N66

1N237A

1N1420

Диоды и стабилитроны. Цветовая маркировка по системе *Pro Electron*

Цвет полосы	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент	4-й элемент
Черный	AA	X		0
Коричневый			1	1
Красный	BA		2	2
Оранжевый		S	3	3
Желтый		T	4	4
Зеленый		V	5	5
Голубой		W	6	6
Фиолетовый			7	7
Серый		Y	8	8
Белый		Z	9	9

BAV47

AAY13

Цветовая маркировка стабилитронов в корпусе SOT-61

Цвет корпуса (статора)	Первая полоса	Вторая полоса
	Тип	U стаб., В
Черный	BY84xx	4,0
Зеленый		6,0
Красный		8,0
Фиолетовый	BY80xx	10
Оранжевый	BY81xx	12
Сиреневый		14
Серый		16
Коричневый		18
Синий		20
BY8106		
BY8414		
BY8012		

Сапрессоры. Цветовая маркировка по системе *JIS-C-7012* (Япония)

Цвет полосы	*1-й элемент*	*2-й элемент*
Черный		*0*
Коричневый	*1*	*1*
Красный	*2*	*2*
Оранжевый	*3*	*3*
Желтый	*4*	*4*
Зеленый	*5*	*5*
Голубой	*6*	*6*
Фиолетовый	*7*	*7*
Серый	*8*	*8*
Белый	*9*	*9*

$U_{огр}$=10 В

Двойной второй элемент указывает на запятую между цифрами

$U_{огр}$=7,5 В

$U_{огр}$=3,9 В

Транзисторы. Цветовая маркировка		
Цвет точки	*Тип транзистора*	*Буква группы*
Бордо	КТ203	А
Желтый	КТ502	Б
Темно-зеленый	КТ3102	В
Голубой	КТ339	Г
Синий	КТ342	Д
Белый	КТ503	Е
Коричневый	КТ326	Ж
Серебряный	КТ632	И (Л)
Оранжевый	КТ313, КТ368	К (М)
Табачный	КП364	Л (И)
Серый	КТ209	М (К)

КТ502А

В скобках указаны буквы групп для транзисторов выпускавшихся до 1990 года

Транзисторы. Цветовая маркировка				
Цвет точки	*Тип*	*Группа*	*Год*	*Месяц*
Бежевый	**КТ345**	**Г**	**1977**	**Январь**
Синий	**КТ349**	**В**		**Февраль**
Зеленый	**КТ352**	**И**	**1985**	**Март**
Красный	**КТ337**	**К**	**1983**	**Апрель**
Салатовый		**Ж**	**1978**	**Май**
Серый	**КТ350**	**Л**		**Июнь**
Коричневый	**КТ326**		**1984**	**Июль**
Оранжевый		**Д**	**1979**	**Август**
Электрик		**Е**	**1980**	**Сентябрь**
Белый	**КТ645**		**1982**	**Октябрь**
Желтый	**КТ354**	**Б**		**Ноябрь**
Голубой	**КТ3107**		**1986**	**Декабрь**
Розовый	**КТ363**	**А**		
Бирюзовый			**1981**	

КТ3107Л
выпущен
в июле 1977 г.